



**Marcelo Martins da Silva**

**VerStick: Dispositivo para auxiliar pessoas com  
Parkinson a realizarem atividades com a mão**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática, do Departamento de Informática da PUC-Rio.

Orientador: Profa. Simone Diniz Junqueira Barbosa

Rio de Janeiro  
setembro de 2023



**Marcelo Martins da Silva**

**VerStick: Dispositivo para auxiliar pessoas com  
Parkinson a realizarem atividades com a mão**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo:

**Profa. Simone Diniz Junqueira Barbosa**

Orientador

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Adriano Francisco Branco**

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio

**Prof. Alberto Barbosa Raposo**

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio

**Profa. Greis Francy Mireya Silva Calpa**

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 15 de setembro de 2023

Todos os direitos reservados. A reprodução, total ou parcial do trabalho, é proibida sem a autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Marcelo Martins da Silva**

Graduou-se em Engenharia de Computação pela Universidade Federal do Ceará (UFC - campus Quixadá)

#### Ficha Catalográfica

Martins da Silva, Marcelo

VerStick: Dispositivo para auxiliar pessoas com Parkinson a realizarem atividades com a mão / Marcelo Martins da Silva; orientador: Simone Diniz Junqueira Barbosa. – 2023.

136 f: il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática, 2023.

Inclui bibliografia

1. keywordpre – Teses. 2. keywordpre – Teses. 3. Doença de Parkinson. 4. Tecnologia Assistiva. 5. Acessibilidade. I. Diniz Junqueira Barbosa, Simone. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Dedico este trabalho a minha mãe, Jocivania dos Santos Silva, que é a responsável pela minha educação e me apoiou em minha caminhada com todo amor e carinho e a meu avô José Cavalcante da Silva (in memoriam) e tia Lourdes (in memoriam) que mesmo com a distância se fazem presentes em meu coração.

## Agradecimentos

À professora Simone Diniz Junqueira Barbosa, que me orientou com seu conhecimento de forma ímpar, suas lições foram muito importantes. Agradeço por sua paciência e sinceridade comigo, por não desistir, mas dar força para que eu pudesse conseguir continuar e ir fazendo as atividades do mestrado. Trabalhar com você foi incrível, queria que todos tivessem a mesma oportunidade que tive, lhe admiro bastante e sou muito grato.

Com carinho e gratidão, expresso meu profundo agradecimento à minha mãe, Jocivania dos Santos Silva, que desempenha um papel fundamental na minha educação, sempre presente com seu afeto e cuidado incondicionais.

Aos meus amados avós, Lucimar dos Santos Silva e José Cavalcante da Silva (in memoriam), expresso minha profunda gratidão por estarem sempre ao meu lado, apoiando-me em decisões que moldaram minha vida, mesmo quando enfrentei desafios difíceis de compreender. Além de cuidarem de mim com todo carinho, vocês estiveram presentes em minha criação, deixando uma marca indelével em minha trajetória. Vocês são verdadeiros exemplos de generosidade, resiliência e amor familiar. Sou grato pela bênção de tê-los como meus avós, e serei eternamente grato pela influência positiva que exerceram em minha vida.

À minha querida madrinha, Neile, e aos meus amados tios, Geisa, Josivan, Lucivania e Lourdes (in memoriam), expresso minha profunda gratidão por sempre acreditarem nos meus sonhos e por terem sido fontes de apoio incondicional ao longo da minha jornada. Vocês foram uma verdadeira inspiração, oferecendo o suporte necessário para que eu pudesse alcançar os meus objetivos. Cada um de vocês desempenhou um papel significativo na minha vida, encorajando-me a seguir em frente mesmo nos momentos mais desafiadores.

Agradeço aos meus amigos em especial, Beatriz Precebes, Camila Diógenes, Cezar Filho, Daniele Carneiro, Eudenia Magalhães, Flávia Caminha, Iury Rosal, Karoline Andrade, Lucas Salles, Marta Emanuela, Mariana Queiroz, Marcelo Santana, Marianna Pinho, Matheus Fernandes, Paula Feitosa, Rhállef de Oliveira e Raul Plassman, por compartilharem comigo momentos incríveis, guardo com muito carinho sorriso de cada um. Agradeço a Marisa S. nos aproximamos mais nesse período e aprendi muito contigo. Ao Igor Santana, o meu melhor amigo, por me incentivar e comemorar todas as vitórias comigo, obrigado por cada conselho e pelo acolhimento e todos os momentos que precisei.

Ao pessoal da PUC-Rio, em especial ao pessoal do AVG2R, Bruno, Dayson, Fernando, Flávia, Patrícia F., e Venicius, vocês são incríveis e têm um potencial gigante, sou grato por ter conhecido cada um de vocês. Gostaria

de fazer um agradecimento em especial ao Dieinison, que eu conhecia, mas a PUC nos aproximou, sua amizade transmite paz, muito obrigado pelo suporte, apoio e conversas e por sempre me recepcionar super bem. Quero agradecer ao Raul por ter me apresentado a PUC, e o Dalai pelo suporte e acompanhamento na minha entrada, por guiar em como estudar para PAA que foi o maior desafio de estudar no Departamento de Informática.

Ao Professor Adriano Branco, que me ajudou nesta caminhada, sou grato pelos seus comentários e sugestões que foram muito importantes nas tomadas de decisões.

Aos professores Adriano Branco, Alberto Raposo, Greis Francy Mireya Silva Calpa e Markus Endler pela disponibilidade em participar da banca deste trabalho e pelas excelentes contribuições. Agradeço ao professor Hélio Côrtes Vieira Lopes pela oportunidade de trabalhar no DasLab, foi uma experiência desafiadora e que me trouxe muitas lições de aprendizado importante.

Às professoras Andréia Libório e Ingrid Monteiro, que me incentivaram a vir para a PUC, e me apresentaram tanto a área quanto a comunidade de IHC, na qual eu me identifiquei, isso foi fundamental. Agradeço pela confiança e incentivo.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à Simone Nunes, uma pessoa que me proporcionou um imenso incentivo e apoio ao longo desta jornada de pós-graduação. Sua presença e encorajamento foram fundamentais para o meu sucesso, e sou imensamente grato por toda a força que ela me concedeu.

Gostaria de expressar minha mais profunda gratidão à Roberta Dutra, alguém que me ajudou a sonhar além dos limites e que, em nenhum momento, permitiu que eu duvidasse de todas as conquistas que eu poderia alcançar.

À PUC-Rio, expressei minha profunda gratidão por proporcionar uma experiência incrível e por todas as oportunidades que tive ao longo desse período. Agradeço especialmente a todos os profissionais do Departamento de Informática, cujo apoio e conhecimento foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Além disso, gostaria de estender meu agradecimento aos voluntários que generosamente participaram da avaliação do projeto. Sua contribuição foi inestimável e essencial para o avanço das pesquisas. Sem a colaboração de vocês, os resultados obtidos não seriam possíveis.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## Resumo

Martins da Silva, Marcelo; Diniz Junqueira Barbosa, Simone. **VerStick: Dispositivo para auxiliar pessoas com Parkinson a realizarem atividades com a mão**. Rio de Janeiro, 2023. 136p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Estima-se que no Brasil temos cerca de 220.000 casos da Doença de Parkinson. Pessoas com Parkinson passam por dificuldades durante a realização de atividades em sua rotina por conta de tremores. O avanço das Tecnologias Assistivas contribui para o processo de inclusão, com a pesquisa e desenvolvimento de dispositivos focados em acessibilidade, que pode auxiliar pessoas com Parkinson na realização de atividades cotidianas. O objetivo deste trabalho é apresentar o VerStick, uma proposta de Tecnologia Assistiva para auxiliar pessoas com Parkinson a realizar atividades com a mão segurando certos objetos. VerStick foi projetado inicialmente para apoiar as atividades de comer, escovar dentes e pentear cabelo. Avaliamos o dispositivo com usuários, que fizeram sugestões com relação à sua usabilidade, estrutura e interface.

## Palavras-chave

Doença de Parkinson; Tecnologia Assistiva; Acessibilidade; .

## Abstract

Martins da Silva, Marcelo; Diniz Junqueira Barbosa, Simone (Advisor). **VerStick: Device to help people with Parkinson's to perform tasks with their hand**. Rio de Janeiro, 2023. 136p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

It is estimated that, in Brazil, we have about 220,000 cases of Parkinson's disease. People with Parkinson's experience difficulties when carrying out activities in their routine because of tremors. The advancement of Assistive Technologies contributes to the inclusion process, with the research and development of devices focused on accessibility, which can help people with Parkinson's in carrying out daily activities. This work aims to present VerStick, an Assistive Technology proposal to help people with Parkinson's to perform activities with their hand holding certain objects. VerStick was initially designed to support the activities of eating, brushing teeth, and combing hair. We evaluated the device with users, who made suggestions regarding its usability, structure, and interface.

## Keywords

Parkinson's Disease; Assistive Technology; Accessibility; .

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>17</b>
1.1	Contribuições	21
1.1.1	SQ1. Que tipos de problemas de interação os usuários com Doença de Parkinson tiveram utilizando o VerStick, e em quais atividades?	21
1.1.2	SQ2. Como o VerStick pode apoiar a pessoas com Doença de Parkinson em atividades nas quais precisam utilizar utensílios com uma mão?	21
<b>2</b>	<b>Fundamentação</b>	<b>23</b>
2.1	Doença de Parkinson	23
2.1.1	Definição	23
2.1.2	Manifestações clínicas da doença de Parkinson	25
2.1.3	Diagnóstico e classificações da doença de Parkinson	26
2.2	Acessibilidade	27
2.3	Tecnologia assistiva	29
2.3.1	Usabilidade em Tecnologias Assistivas	31
2.4	Interface Físicas	32
2.4.1	Avaliação das Interfaces Físicas	33
2.5	Sistemas embarcados	35
<b>3</b>	<b>Trabalhos Relacionados</b>	<b>40</b>
3.1	<i>Liftware Steady</i>	40
3.2	Emma Watch	41
3.3	<i>Assistive Device to support feeding</i>	42
3.4	Análise Geral dos Trabalhos Relacionados	44
<b>4</b>	<b>VerStick</b>	<b>46</b>
4.1	Requisitos	47
4.1.1	Requisitos Funcionais	47
4.1.2	Requisitos Não-Funcionais	48
4.2	Tecnologias Utilizadas	49
4.3	Filtro de Kalman	50
4.4	Especificação do Sistema	51
4.4.1	Diagrama de Camadas	51
4.4.2	Diagrama de Entrada e Saída	54
4.4.3	Diagrama de Blocos	55
4.5	Implementação do Sistema	56
4.6	Versão Preliminar	57
4.6.1	Protótipo	60
4.7	Experimentos Preliminares	60
4.7.1	Avaliação de Desempenho	60
4.7.2	Limitações e Oportunidades de Melhoria	64
4.8	Atualizações do Protótipo	65
4.8.1	Protótipo 3D	67

<b>5</b>	<b>Avaliação do VerStick</b>	<b>70</b>
5.1	Fundamentação e Considerações Iniciais	70
5.2	Objetivos da Avaliação	71
5.3	Participantes	71
5.4	Procedimentos	72
5.5	Entrevista Pré-Teste	73
5.6	Cenários	74
5.7	Entrevista Pós-teste	75
5.8	Execução	76
5.9	Resultados da Avaliação	77
5.9.1	Entrevista pré-teste	77
5.9.2	Avaliação Por Observação	78
5.10	Conclusões da Avaliação	81
<b>6</b>	<b>Conclusões</b>	<b>83</b>
6.1	Principais Contribuições	84
6.2	Trabalhos Futuros	85
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>87</b>
<b>A</b>	<b>Esquemático</b>	<b>95</b>
<b>B</b>	<b>Roteiros de entrevista pré- e pós-teste</b>	<b>97</b>
B.1	Entrevista Pré Teste	97
B.1.1	Você sabe a sua classificação de Parkinson ?	97
B.1.2	Como são os efeitos do Parkinson em seu dia a dia ? E como você está se sentindo no momento ?	97
B.1.3	Você enfrenta obstáculos durante a realização de atividades em seu cotidiano ?	98
B.1.4	Quais são os obstáculos e em quais atividades?	98
B.1.5	De que maneira cada um desses obstáculos interfere nas suas atividades? E o quanto isso interfere?	98
B.1.6	Qual estratégia você usa para superar esses obstáculos ? E como você avalia essa estratégia? (O quanto ela ajuda a superar e quais obstáculos permanecem?)	99
B.1.7	Você tem algum outro comentário sobre seu dia a dia com a Doença de Parkinson ?	99
B.2	Entrevista Pós-teste	99
B.2.1	O que achou do dispositivo?	99
B.2.2	Em uma escala de 1 a 5, onde 1 é Muito Ruim e 5 Muito Bom, qual foi o seu grau de conforto ao utilizar o dispositivo?	100
B.2.3	O que achou da forma do dispositivo?	100
B.2.4	Quais dificuldades teve para utilizar o dispositivo?	101
B.2.5	Quais foram pontos positivos?	101
B.2.6	Quais foram os pontos negativos?	102
B.2.7	Em qual tarefa você sentiu mais dificuldade?	102
B.2.8	Em quais tarefas e em que situações você se vê utilizando o dispositivo?	102
B.2.9	Como você acha que o dispositivo poderia contribuir para sua vida ?	103

B.2.10 O que precisaria mudar nesse dispositivo para você adotá-lo no seu dia- a-dia?	103
B.2.11 Você tem algum outro comentário ou sugestão de melhoria?	103
B.2.12 O usuário aparentemente está confortável com a tecnologia?	104
B.2.13 Quais as maiores dificuldades percebidas?	104
B.2.14 Quais foram pontos positivos?	104
B.2.15 Quais foram pontos positivos negativos?	104
B.2.16 Em qual tarefa o usuário teve maior dificuldade?	105
<b>C Projeto submetido e aprovado pela Câmara de Ética em Pesquisa da PUC-Rio</b>	<b>106</b>
<b>D Parecer da Câmara de Ética em Pesquisa da PUC-Rio</b>	<b>135</b>

## Lista de Figuras

Figura 1.1	Situação 1: Usuário tenta comer	19
Figura 1.2	Situação 2: Usuário tenta usar escova de dente	19
Figura 1.3	Situação 3: Usuário tenta pentear o cabelo	19
Figura 1.4	Procedimentos Metodológicos	20
Figura 2.1	Estágios da Doença de Parkinson (Braak et al., 2003)	24
Figura 3.1	Kit <i>Lifeware</i> ( <a href="https://www.liftware.com/steady/">https://www.liftware.com/steady/</a> )	41
Figura 3.2	Emma Watch ( <a href="https://www.microsoft.com/en-us/research/project/project-emma/">https://www.microsoft.com/en-us/research/project/project-emma/</a> )	42
Figura 3.3	Modelo virtual do AD ( <i>Assistive Device to support feeding</i> ), com a visão lateral do produto (a); a visão de montagem (b); e seu desenho técnico (c) (Santos et al., 2019)	43
Figura 3.4	Todas as versões do protótipo do dispositivo AD (Santos et al., 2019)	43
Figura 4.1	Visão Geral	46
Figura 4.2	Circuito Algoritmo Filtro de Kalman Welch et al. (1995)	51
Figura 4.3	Diagrama de Camadas	52
Figura 4.4	Diagrama de Entrada e Saída proposto	54
Figura 4.5	Diagrama blocos focado no microcontrolador	55
Figura 4.6	Algoritmo de detecção de movimentos	56
Figura 4.7	Projeto 3D do dispositivo	57
Figura 4.8	Peça 1 - Projeto cilíndrico de cabo	58
Figura 4.9	Peça 2 - Projeto conexão da peça 2	58
Figura 4.10	Peça 3 - Projeto de colher	59
Figura 4.11	Vista Explodida	59
Figura 4.12	Protótipo Impresso	60
Figura 4.13	Testes de Bancada	61
Figura 4.14	Cenário 1: Testes de Bancada - Saída sem Filtro com a Leitura do Giroscópio	62
Figura 4.15	Cenário 1: Testes de Bancada -Reconhecimento de Padrões	62
Figura 4.16	Cenário 1: Testes de Bancada - <i>datalogger</i>	63
Figura 4.17	Cenário 2: Testes de Bancada - Reconhecimento de movimento de Pentear	64
Figura 4.18	Cenário 2: Testes de Bancada - <i>datalogger</i>	64
Figura 4.19	Projeto 3D do dispositivo atualizado	65
Figura 4.20	Peça 1 - Projeto cilíndrico de cabo atualizado	66
Figura 4.21	Peça 2 - Projeto conexão da peça 2	66
Figura 4.22	Peça 3 - Projeto de colher	67
Figura 4.23	VerStick - Peças 3D	68
Figura 4.24	Peças Conectadas para as atividades	68
Figura 4.25	Peças Corrigidas	69
Figura 4.26	Protótipos com as peças corrigidas	69

Figura 5.1	Avaliação do VerStick	79
Figura A.1	Esquemático elétrico	95
Figura A.2	Esquemático de Ligações	96

## Lista de Tabelas

Tabela 4.1	Requisitos Funcionais do dispositivo	48
Tabela 4.2	Requisitos não-funcionais do dispositivo	48

## Lista de Abreviaturas

ARM - Advanced RISC Machine

CPU - Central Processing Unit

DP - Doença de Parkinson

GPIO - General Purpose Input/Output

GPS - Global Positioning System

GPU - Graphics Processing Unit

HDMI - High-Definition Multimedia Interface

IHC - Interação Humano-Computador

IoT - Internet das Coisas (do inglês, *Internet of Things*)

IR - Infrared

I2C - Inter-Integrated Circuit

PC - Computador Pessoal (do inglês, *Personal Computer*)

PcD - Pessoa com Deficiência

PI - Parity

RAM - Random Access Memory

SBC - Single Board Computer

SD - Secure Digital

SoC - System On Chip

SPI - Serial Peripheral Interface

TA - Tecnologia Assistiva

UART - Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

USB - Universal Serial Bus

*Não tenho certeza de nada, mas a visão das  
estrelas me faz sonhar*

**Vincent Van Gogh**, *Trecho de carta para Theo van Gogh, escrita em 9 de  
julho de 1888.*

# 1

## Introdução

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em seu censo de 2010, indicam que pelo menos 3,15 milhões de pessoas são afetadas por algum tipo de deficiência motora no país IBGE (2010). Dos acometimentos que podem afetar a saúde física do ser humano, podemos destacar a Doença de Parkinson (Doença de Parkinson), uma patologia neurológica crônica e degenerativa do sistema nervoso central que, de acordo com a Organização Mundial de Saúde, afeta 1% da população (dos Santos Steidl et al., 2007). No Brasil, são estimados cerca de 220 mil pacientes com a doença (Bovolenta e Felício, 2016).

Caracterizada pela redução de dopamina na via nigro-estriatal, a Doença de Parkinson é resultante da morte de neurônios da substância negra cerebral. A origem específica não é conhecida, porém, tem-se considerado fatores hereditários, infecciosos, tóxicos, genéticos e ambientais (Souza et al., 2011). A Doença de Parkinson vem prejudicando muitos indivíduos em todo o mundo, afetando os neurônios que controlam diretamente a coordenação e os movimentos voluntários do corpo humano e causando tremores que impactam a qualidade de vida dos pacientes. A literatura mostra que a maioria dos pacientes acometidos com Doença de Parkinson estão na terceira idade (de Araújo Rubert et al., 2007). Em geral, pessoas com Doença de Parkinson não conseguem ou encontram muita dificuldade ao realizar atividades simples do dia-a-dia como, por exemplo, alimentar-se com as próprias mãos, escovar os dentes ou pentear os cabelos.

Tecnologia Assistiva (TA) é um termo utilizado para identificar todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com limitações causadas por alguma deficiência ou pelo envelhecimento, de forma a promover uma vida independente e inclusiva (Bersch e Tonolli, 2006). Deste modo, os conceitos de acessibilidade e inclusão vão complementando-se de forma a buscar promover a equidade entre as pessoas.

A inclusão é um direito que as tecnologias vêm auxiliando a efetivar, tornando-o realidade na vida das pessoas. Encontrar caminhos para que esse direito esteja sempre presente no dia a dia das pessoas com deficiência ou

das que sofrem distúrbios do sistema nervoso, como Parkinson, garante-lhes autonomia para realizarem simples tarefas que possibilitam um sentimento de equidade em relação à outrem.

No campo de Interação Humano-Computador (IHC), a acessibilidade está ligada à flexibilização que os usuários têm para interagir com os sistemas Barbosa e Silva (2010); Melo e Baranauskas (2005). Atualmente, o termo acessibilidade é ligado diretamente à quebra de barreiras, principalmente envolvendo temáticas sobre inclusão social para pessoas com alguma deficiência. No entanto, a falta de acessibilidade é um desafio para todos tipos de deficiências (Santos e Vasconcelos, 2018). Além disso, as pessoas com limitações motoras, como as acometidas com a Doença de Parkinson, geralmente têm o desafio adicional de adaptação com relação aos mecanismos e dispositivos que utilizam no seu cotidiano.

Os avanços nas áreas de Sistemas Embarcados e IHC têm contribuído para o desenvolvimento de dispositivos em paralelo às tecnologias assistivas (Soares et al., 2021; da Silva et al., 2021). Decorrente deste avanço, a tecnologia vem tornando possível a acessibilidade de pessoas com deficiência, o acesso à informação e a própria possibilidade de utilizar dispositivos dos quais anteriormente elas não poderiam se servir (Rodrigues e Fortes, 2019).

Já existem algumas iniciativas de pesquisa com foco no desenvolvimento de soluções para pessoas com Doença de Parkinson, como as propostas por da Silva et al. (2014), que investigou as dificuldades reais de um usuário com Doença de Parkinson e desenvolveu uma pega antropomórfica personalizada para um usuário, avaliando então seu desempenho em uma tarefa de barbear-se; assim como a proposta de Amaral et al. (2017), que descreve o processo de avaliação e desenvolvimento de TA em 3D para pessoas com déficit de função manual.

Nesse sentido, é proposto neste trabalho um projeto de desenvolvimento de um dispositivo versátil que possa auxiliar pessoas com Doença de Parkinson em atividades do seu cotidiano, como comer, escovar os dentes e pentear os cabelos. O objetivo é apresentar um primeiro protótipo e avaliar a ferramenta para dar suporte aos usuários com a doença. As figuras 1.1, 1.2 e 1.3 apresentam algumas das possíveis situações em que o dispositivo será utilizado.

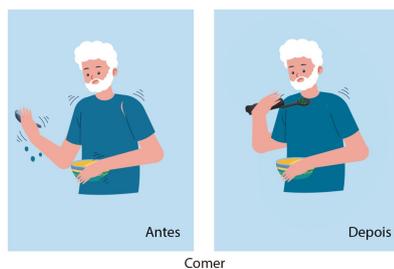


Figura 1.1: Situação 1: Usuário tenta comer



Figura 1.2: Situação 2: Usuário tenta usar escova de dente



Figura 1.3: Situação 3: Usuário tenta pentear o cabelo

Para atingir esse objetivo, este trabalho iniciou com a seguinte questão de pesquisa:

**QP: Como um dispositivo versátil pode auxiliar pessoas com Doença de Parkinson a realizarem atividades comuns com uma mão, como comer, pentear os cabelos e escovar os dentes?** Para responder a esta questão, é necessário entender o que já existe e o que precisa ser melhorado no uso de Tecnologias Assistivas para esse público alvo. Também é crucial compreender os principais problemas que causam situações desconfortáveis no cotidiano dos usuários. Assim, as seguintes perguntas de pesquisa foram formuladas:

1. Quais desafios ou problemas as pessoas com Doença de Parkinson têm em seu cotidiano ao realizar atividades durante as quais elas precisam utilizar utensílios com uma mão?

2. Quais são os dispositivos existentes para auxiliar pessoas com Doença de Parkinson em atividades nas quais elas precisam utilizar utensílios com uma mão?
3. Quais são as principais limitações e os recursos desses dispositivos?

Para responder as perguntas de pesquisa deste trabalho, realizamos o seguinte procedimento. Primeiro, fizemos uma pesquisa na literatura sobre os trabalhos existentes sobre o tema e as tecnologias que permitem aos usuários realizarem atividades comuns em seu cotidiano, como comer. Isto está disposto no capítulo de trabalhos relacionados. Também conversamos com fisioterapeutas para entendermos melhor sobre o tema e tirarmos dúvidas a respeito das dificuldades no cotidiano de pessoas com Parkinson. Através dessas conversas, identificamos outros problemas recorrentes com utensílios do dia a dia, por conta da dificuldade com o tremor das mãos, como o manuseio de objetos como, talheres, pente e escova de dentes. Com base nessas conversas com fisioterapeutas e nos resultados encontrados durante a pesquisa bibliográfica, definimos os requisitos e desenvolvemos um protótipo inicial do dispositivo com algumas funcionalidades de movimentação com algoritmos de filtro. Em seguida, avaliamos esse protótipo por meio de um teste de desempenho realizado em laboratório. Após a avaliação de desempenho foram feitas correções e o protótipo foi melhorado para que pudéssemos avaliá-lo com usuários da nossa pesquisa. Com essa versão, que chamamos de VerStick, formulamos as seguintes subquestões de pesquisa:

- **SQ1.** Que tipos de problemas de interação os usuários com Doença de Parkinson tiveram utilizando o VerStick, e em quais atividades?
- **SQ2.** Como o VerStick pode apoiar a pessoas com Doença de Parkinson em atividades nas quais precisem utilizar utensílios com uma mão?

Para responder essas questões de pesquisa, realizamos uma avaliação de usabilidade com usuários do VerStick aplicando o método de observação e, ao final do teste, complementamos a avaliação com uma entrevista.

Na Figura 1.4, ilustramos os passos dos procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do trabalho.



Figura 1.4: Procedimentos Metodológicos

Destacamos que os requisitos e fases do desenvolvimento avançaram de acordo com o feedback de usuários em cada momento de avaliação e estudo realizado.

## 1.1

### Contribuições

As contribuições do trabalho estão divididas em suas duas subquestões:

#### 1.1.1

##### **SQ1. Que tipos de problemas de interação os usuários com Doença de Parkinson tiveram utilizando o VerStick, e em quais atividades?**

Dentre as nove atividades desenvolvidas no estudo, os problemas de interação identificados foram relacionados com a montagem dos encaixes do dispositivo e sua sequência para cada cenário, pois não foi predefinida uma ordem. Outro problema foi a localização de algumas peças ao serem encaixadas. Por exemplo, a colher estava na lateral e não do centro do protótipo. Por fim, as repetições de movimentos em atividades como pentear também foram cansativas. As contribuições referentes a essa questão de pesquisa, são:

1. O protótipo, embora limitado, se configura como uma Tecnologia Assistiva capaz de auxiliar usuários com Parkinson em três atividades, que anteriormente eram executadas com um nível de dificuldade maior.
2. Através das lições aprendidas com o estudo, pudemos traçar seis recomendações para o desenvolvimento de tecnologias assistivas similares. Essas recomendações estão relacionadas ao peso e tamanho dos dispositivo, a avaliações interativas, a cuidados nos relatos e a projetos de interfaces físicas simplificadas.

#### 1.1.2

##### **SQ2. Como o VerStick pode apoiar a pessoas com Doença de Parkinson em atividades nas quais precisem utilizar utensílios com uma mão?**

A avaliação do VerStick foi focada em três atividades diárias: levar objetos à boca para se alimentar, pentear os cabelos e escovar os dentes. A versatilidade em um único dispositivo foi um diferencial para os usuários. Além disso, aspectos do dispositivo como o encaixe através de um cordão para evitar que o dispositivo caia foi um ponto positivo comentado na avaliação. As contribuições referentes a essa questão de pesquisa foram:

1. A combinação das funcionalidades em um único dispositivo, caracterizada pela versatilidade de sua interface. A flexibilidade de personalização

possibilita ao usuário maior autonomia e empoderamento na realização das atividades diárias com maior facilidade e independência.

2. A interdisciplinaridade entre as áreas de usabilidade, acessibilidade, tecnologias assistivas e sistemas embarcados na criação de uma interface física. A integração dessas áreas de conhecimento no processo de desenvolvimento de interfaces físicas permite considerar as interações dos usuários, resultando na concepção de sistemas com melhor usabilidade. Essa abordagem possibilita a exploração de novas oportunidades e a otimização da experiência do usuário.

O restante deste documento está organizado da seguinte maneira: o Capítulo 2 apresenta os conceitos de Doença de Parkinson, Acessibilidade, Tecnologia Assistiva, Interfaces Físicas e Sistemas Embarcados. O Capítulo 3 apresenta os trabalhos relacionados com os dispositivos similares. Em seguida, o Capítulo 4 apresenta a proposta do dispositivo desenvolvido, os requisitos, arquitetura e versão e experimentos preliminares. O Capítulo 5 apresenta a avaliação do protótipo. E por fim, o Capítulo 6 dispõe sobre as conclusões do estudo, abordando as contribuições, e trabalhos futuros.

## **2**

### **Fundamentação**

Este capítulo apresenta alguns dos conceitos fundamentais que embasam este trabalho: trata-se da Doença de Parkinson na seção 2.1; aborda-se Acessibilidade e Conceitos relacionados na seção 2.2; fala-se de Tecnologia Assistiva na seção 2.3; de Interfaces Físicas na seção 2.4 e, por fim, discute-se a noção de Sistemas Embarcados na seção 2.5.

#### **2.1**

##### **Doença de Parkinson**

##### **2.1.1**

###### **Definição**

A Doença de Parkinson (Doença de Parkinson) é identificada a partir de tremores e a inquietação dos movimentos involuntários da postura corporal, do equilíbrio e da rigidez. A doença atinge sobretudo idosos do sexo masculino (dos Santos Steidl et al., 2007). Os principais aspectos clínicos da Doença de Parkinson acometem o sistema motor, o que pode ser evidenciado a partir do tremor de repouso, da rigidez dos músculos, da bradicinesia (lentidão anormal dos movimentos voluntários do corpo) e da acinesia (ausência ou perda dos movimentos involuntários). Além disso, ocorre a chamada marcha “festinada”, que é definida como a tendência de avançar com passos cada vez mais rápidos, porém menores em relação ao deslocamento anterior do centro de gravidade. Há também a pouca expressão facial e os sintomas não motores, como a depressão, alteração nas funções cognitivas, na qualidade da voz e distúrbios autonômicos (dos Santos Steidl et al., 2007). A Figura 2.1 apresenta os estágios da doença de Parkinson.

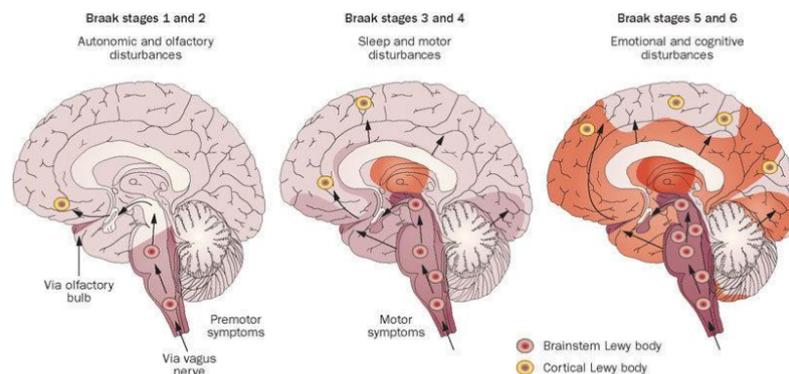


Figura 2.1: Estágios da Doença de Parkinson (Braak et al., 2003)

Conforme a doença vai evoluindo, complicações secundárias ocasionadas pelos sintomas interferem na saúde mental e emocional do indivíduo, bem como no âmbito social e econômico, deixando-o em circunstâncias incapacitantes (Camargos et al., 2004). No ano de 1817, o médico inglês James Parkinson foi o primeiro a descrever a doença, a qual foi intitulada na época como “paralisia agitante” (dos Santos Steidl et al., 2007). A Doença de Parkinson é definida como uma doença neurológica degenerativa, de caráter crônico, da região do cérebro denominada como substância negra, que tem sua patogenia identificada no sistema nervoso central (SNC) e envolve os gânglios da base. Ela é causada pela deficiência do neurotransmissor chamado dopamina na via nigroestriatal e cortical, prejudicando diretamente no sistema motor (Silva et al., 2021).

Classificada como cosmopolita, tendo em vista que o seu surgimento independe de classe social ou raça, a doença de Parkinson também atinge mulheres, embora a predominância e frequência em homens seja maior e, sobretudo, em indivíduos com idade entre 55 e 65 anos (Limongi, 2001). Ademais, a manifestação da doença pode ocorrer em faixas etárias mais baixas, em pessoas com idade inferior a 40 anos, a qual é tida como Parkinsonismo Precoce (Barbosa e Sallem, 2005). Bastante comum na população idosa, a patologia possui como principal fator de risco a idade; entretanto, a exposição à produtos químicos e industriais também favorece seu aparecimento (Silva et al., 2021).

Estudos epidemiológicos inferem que, até 2030, cerca 8 milhões de pessoas viverão com a doença em todo o mundo. No Brasil, 220 mil cidadãos têm Doença de Parkinson e estima-se que 36 mil novos casos são identificados todos os anos, com um destaque de acometimento maior para indivíduos do sexo masculino (Bovolenta e Felício, 2016)

Embora seja uma patogenia de causas desconhecidas, acredita-se que ela esteja condicionada a um conjunto de fatores que envolvem a predisposição

genética e a exposição a fatores tóxicos do ambiente. Assim, há duas hipóteses tidas como principais acerca da doença de Parkinson. A primeira parte da ideia de que há disfunção mitocondrial relacionada ao estresse oxidativo, o que favorece o surgimento da patologia; a segunda, por sua vez, entende que a maneira anormal como as proteínas se formam induzem ao processo neurodegenerativo (Silva et al., 2021).

Com níveis baixos de neurônios dopaminérgicos da substância negra, ocorre complicações na atividade da alça frontoestriatal, ocasionando disfunções no lobo frontal. Assim, pressupõe-se que as perdas cognitivas pessoas com doença de Parkinson que culminam no deficit de memória operacional e diminuição do desempenho de funções executivas podem estar associados com a degeneração do lobo frontal (Silva et al., 2021).

### 2.1.2

#### **Manifestações clínicas da doença de Parkinson**

As primeiras suspeitas para o diagnóstico da doença de Parkinson ocorrem a partir de um decaimento do desempenho motor, o qual limita atividades simples de serem realizadas no cotidiano. Atrelado a isso, o sujeito sofre impacto no estado mental e na forma como se relaciona com o ambiente, trazendo consequências para a participação do mesmo no convívio social (Malak et al., 2017).

Considerado como um dos principais sinais da doença, o tremor aparece em torno de 50% dos pacientes que estão em fase inicial e acomete 100% dos mesmos conforme a doença vai avançando. A princípio, ele começa nas regiões distais dos dedos, mesmo estes estando em situação de repouso. Além do tremor, a rigidez, a bradicinesia e instabilidade também se configuram como sinais iniciais da doença. Por fim, esses sintomas estão associados com a síndrome rígido acinética, sobretudo o tremor e a instabilidade postural. Ademais, convém ressaltar que há casos em que a doença de Parkinson apresenta condições clínicas não motoras (Sveinbjornsdottir, 2016).

Embora sintomas motores sejam os mais visíveis e comuns em pessoas acometidas pela Doença de Parkinson, eles não são os únicos. Há também os de caráter neuropsiquiátricos e não motores que, em alguns casos, podem surgir até mesmo antes dos motores; são eles: depressão, disfunção olfativa, movimentos oculares velozes, constipação e distúrbios do comportamento do sono. Outrossim, em uma fase mais avançada da doença, ocorre a demência e a disfunção cognitiva, as quais apresentam como principais características o retardado do sistema psicomotor, a dificuldade de memória e a alteração da personalidade. Para além disso, depressão, ansiedade e abulia ou apatia,

classificados pela área da saúde com transtornos de humor, tendem a aparecer com maior periodicidade em pacientes que sofrem com a patologia em questão (Chou, 2013).

### 2.1.3

#### **Diagnóstico e classificações da doença de Parkinson**

Há uma complexidade considerável no que se trata o diagnóstico da doença. Assim, como uma forma de fomentar esse entendimento, criaram-se três grupos de critérios: o primeiro é o critério necessário para o diagnóstico; o segundo é o critério negativo ou excludente; e o terceiro é o critério de suporte positivo para diagnóstico. Dessa maneira, como não há um exame específico para diagnosticar a doença, esse diagnóstico é feito clinicamente, sendo confirmada a presença da doença quando os sintomas se tornam cada vez mais evidentes ou quando há melhora do paciente a partir do uso de medicação específica indicada para a doença de Parkinson, como a Levodopa (Balestrino e Schapira, 2020).

Entretanto, considerando que outras patologias apresentam melhora significativa não define a presença da doença, visto que há outras em cujo quadro também se observa uma melhora com o uso de levodopa (Kang, 2018). Com isso, o diagnóstico da patologia é realizado quando o paciente apresenta combinação de sintomas motores cardinais, dentre eles o tremor de repouso, rigidez com roda denteada, bradicinesia e alterações posturais (Balestrino e Schapira, 2020).

Dentre os exames de imagem, a ressonância magnética é a mais utilizada, por ser de menor custo, mais comum e consideravelmente simples. Ela é indicada em virtude da sua sensibilidade alta na detecção de lesões, pela qualidade da resolução espacial e capacidade de avaliação multi planar. A partir dos espectros identificados pelo exame, é possível inferir na diferenciação da doença de Parkinson e no parkinsonismo atípico (Armstrong e Okun, 2020). Existem outros tipos de exame, como a Tomografia por Emissão de Pósitrons e a Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único. Todavia, eles requerem um maior tempo hábil para realização e possuem um custo muito elevado (Silva et al., 2021). A doença de Parkinson está classificada em três tipos principais: primária ou idiopática, secundária ou adquirida e Parkinsonismo-plus, que também é conhecida como parkinsonismo atípico (Caixeta e Vieira, 2008).

A doença de Parkinson Idiopática está vinculada a um distúrbio essencialmente motor. Com o passar da idade, esses danos vão se tornando cada vez maiores, tendo em vista que esse subtipo da doença resulta eventualmente em

demência. Clinicamente, a demência associada à doença de Parkinson é caracterizada pelas seguintes características: diminuição ou falta de iniciativa para atividades espontâneas; incapacidade de desenvolver estratégias com êxito para a resolução de problemas; lentificação dos processamentos mnésticos; lentificação do processamento global da informação; prejuízo da percepção; dificuldades de conceitualização; e dificuldade na geração de listas de palavras (Barbosa e Sallem, 2005); (Caixeta e Vieira, 2008).

O Parkinsonismo secundário, por sua vez, possui como principais causas o uso de drogas farmacológicas que bloqueiam os receptores dopaminérgicos, como os neurolépticos e os antivertiginosos como a flunarizina e cinarizina. Além disso, outras razões como intoxicações exógenas, infecções, doença vascular cerebral, traumatismo cranioencefálico, processos expansivos do Sistema Nervoso Central, hidrocefalia e hipoparatiroidismo estão associadas ao surgimento do Parkinsonismo secundário (Barbosa e Sallem, 2005).

O Parkinsonismo atípico é assim denominado por se apresentar sem os tremores característicos da doença, apenas com acinesia e rigidez. Esta forma da patologia está intimamente associada com distúrbios autonômicos, cerebelares, piramidais, de neurônio motor inferior ou, ainda, de motricidade ocular extrínseca. Diferente da Doença de Parkinson, o Parkinsonismo atípico ocorre de maneira simétrica e não responde bem ao tratamento farmacológico. Ele se relaciona com doenças neurológicas degenerativas ou dismetabólicas, as quais são divididas em doenças esporádicas, que surgem após os 45 anos de idade, e doenças presentes no histórico familiar, que surgem antes dos 45 anos (Barbosa e Sallem, 2005).

## 2.2

### **Acessibilidade**

No sentido etimológico, a palavra “acessibilidade” deriva do latim “accessibilis”, que significa “livre acesso” ou “possibilidade de aproximação”. Porém, diversos autores não partem desse princípio, ou pelo menos não se limitam unicamente a ele (Magalhães et al., 2013), de forma que há conceitos diversos sobre acessibilidade que tendem a serem expressos de acordo com a conjuntura.

A Constituição Federal Brasileira, promulgada em 1988 por meio do decreto nº 5.926, de 2 de dezembro de 2004, conceitua a acessibilidade como “condição para utilização, com segurança e autonomia, total ou assistida, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos serviços de transporte e dos dispositivos, sistemas, por pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida” (Brasil, 2013).

Sasaki et al. (2003) classifica a acessibilidade em seis tipos: acessibi-

lidade atitudinal, acessibilidade arquitetônica, acessibilidade comunicacional, acessibilidade instrumental, acessibilidade metodológica e acessibilidade programática.

A acessibilidade atitudinal é aquela compreendida como a concepção do outro, em relação a deficiência e acessibilidade, sem preconceito ou estigma, bem como estereótipo e atos discriminatórios. Todas as outras voltam-se para essa, uma vez que é a partir da forma de agir e de pensar que as barreiras para pessoas com deficiência são derrubadas (Sasaki et al., 2003).

A acessibilidade arquitetônica corresponde ao ato de eliminar barreiras ambientais físicas nos mais diversos tipos de espaço, seja na própria residência ou em edifícios, locais e equipamentos urbanos. O uso de rampas, banheiros com adaptações, elevadores com condições adequadas e piso tátil são alguns dos exemplos desse tipo de acessibilidade (Sasaki et al., 2003).

A acessibilidade metodológica, por sua vez, também é imprescindível, pois trata de buscar eliminar as barreiras que influenciam nas metodologias e técnicas de estudo. Ela se relaciona intrinsecamente à concepção da atuação docente, ou seja, a maneira como os professores organizam o conhecimento, as formas de aprendizagem e os aspectos avaliativos (Sasaki et al., 2003).

A acessibilidade programática é aquela que trata das barreiras existentes nas políticas públicas, logo, as leis, os decretos, as portarias, as normas, os regulamentos e outros. Assim, esse tipo de acessibilidade é notado sempre que há criação de alguma lei ou decreto que vislumbre alcançar ou avançar no âmbito dos direitos humanos (Sasaki et al., 2003).

A acessibilidade instrumental se refere à superação das barreiras no âmbito escolar, profissional, de recreação e de lazer, particularmente no que diz respeito a adaptação de instrumentos, utensílios e demais ferramentas. É a partir desse tipo de acessibilidade que é possível a inclusão plena do estudante no ensino superior (Sasaki et al., 2003). Esse conceito, acerca da acessibilidade instrumental, é fulcral para a presente pesquisa.

A acessibilidade comunicacional envolve as barreiras que permeiam as relações interpessoais entre indivíduos, a comunicação tanto através da escrita quanto por mídias virtuais. A presença de interpretes em salas de aula, a partir da lei de Libras do Decreto de Acessibilidade, é um reflexo do trabalho feito em prol desse tipo de acessibilidade no país (Sasaki et al., 2003).

Com base nos dos estudos de Sasaki et al. (2003), derivam-se outras classificações de acessibilidade, como, por exemplo, a acessibilidade nos transportes, que não se prendem unicamente à queda de barreiras nos transportes coletivos, mas também nas paradas de ônibus, nas calçadas e terminais, bem como todos os demais equipamentos que constituem as redes de transporte.

Outro exemplo é o da acessibilidade digital, que enfatiza a superação das barreiras quanto à disponibilidade de comunicação, de acesso físico e de equipamentos e programas adaptados para o conteúdo e apresentação da informação em formatos alternativos Leite e Luvizotto (2017).

Acessibilidade diz respeito à qualidade de algo a que se tem fácil acesso, que é alcançável de forma descomplicada. Esse conceito, por sua vez, está diretamente relacionado à disponibilização de condições para que pessoas com deficiências de quaisquer tipos possam também ter acesso com segurança e autonomia a lugares e recursos com os quais teriam dificuldade devido à sua condição (Melo et al., 2009; Silva e Freire, 2018).

Tal conceito, quando aplicado a sistemas computacionais, permite que outras noções, como a de interfaces, que são as ferramentas que auxiliam usuários na realização de suas tarefas. São elas que possibilitam as interações do usuário com o sistema. Quando questões de acessibilidade em sistemas computacionais interativos são exploradas, existe um efeito direto nas questões que envolvem conceitos como usabilidade ou outros pontos que envolvem experiência de usuário (Melo, 2014).

Para que possa ocorrer de fato uma interação com uma interface, faz-se necessário ao usuário o exercício de uma ação motora de interação, associada à capacidade de percepção por meio dos sentidos para detectar respostas do sistema, bem como o uso do raciocínio para interpretar essas respostas, como definem (Barbosa et al., 2021). Sendo assim, qualquer impedimento imposto por uma interface vai totalmente de encontro ao conceito de acessibilidade.

Com base no exposto, são inúmeros os conceitos de acessibilidade presentes na literatura. Entretanto, para a construção deste trabalho, o conceito de acessibilidade a ser considerado será o de Sasaki et al. (2003), com foco em acessibilidade instrumental.

## 2.3

### **Tecnologia assistiva**

Constantemente, novos paradigmas e realidades surgem na sociedade humana, a qual, passando cada vez mais a aceitar a diversidade, contrapõe-se às formas de segregação existentes, além de impulsionar a busca de novos caminhos de inclusão destinados às pessoas com algum tipo de limitação. Tal comportamento resulta em novas pesquisas ancoradas nos avanços tecnológicos dos dias atuais. É nesse contexto que surge a noção de Tecnologia Assistiva (TA) que, apesar de nova, tem grande relevância para a sociedade contemporânea (Galvão Filho, 2009).

Historicamente, a Tecnologia Assistiva sempre existiu, pois, desde os

primórdios da pré-história, havia a utilização de pedaços de pau adaptados como bengala. Esse tipo de utilização dos recursos disponíveis é caracterizado como Tecnologia Assistiva. Entretanto, apenas recentemente, a partir dos anos 2000, foi iniciado o processo de construção e sistematização do conceito (Galvão Filho, 2009).

A expressão “Tecnologia Assistiva” surgiu pela primeira vez nos Estados Unidos, em 1988, como *Assistive Technology*. Na legislação norte-americana, compreende-se que *Assistive Technology* engloba recursos e serviços. Por recursos entende-se todo e qualquer item, equipamento, sistema ou produto fabricado sob medida com a finalidade potencializar, manter ou melhorar as capacidades funcionais das pessoas com deficiência. Já os serviços auxiliam diretamente uma pessoa com deficiência na seleção, compra e utilização de recursos (Bersch e Tonolli, 2006).

Radabaugh (1993) elabora um tipo de definição da Tecnologia Assistiva que, embora já antiga, permanece muito pertinente. Segundo o autor, a Tecnologia Assistiva para pessoas sem deficiência serve para tornar as coisas mais fáceis, enquanto que, para pessoas com deficiência, tornam as coisas possíveis (Radabaugh, 1993).

Na Europa, por sua vez, a Tecnologia Assistiva é traduzida como Tecnologia de Apoio, e é concebida como abrangendo todos os tipos de produtos e serviços que compensam as limitações e proporcionam maior independência ao indivíduo, impactando positivamente na qualidade de vida tanto de pessoas com deficiência quanto de pessoas idosas (Galvão Filho, 2009).

No contexto brasileiro, os termos Tecnologia Assistiva, Ajuda Técnica e Tecnologia de Apoio são tidos como sinônimos, embora alguns autores considerem Tecnologia Assistiva e Tecnologia de Apoio noções mais amplas, e Ajuda Técnica como um conceito mais restrito. Na legislação do país, mais especificamente no Art. 61 do Decreto 5.926/2004, o termo utilizado é Ajuda Técnica, definido como “os produtos, instrumentos, equipamentos ou tecnologia adaptados ou especialmente projetados para melhorar a funcionalidade da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, favorecendo a autonomia pessoal, total ou assistida” (Brasil, 2013). Em suma, tanto no contexto internacional como no Brasil, a Tecnologia Assistiva é entendida, de forma geral, como o uso de produtos e de serviços capazes de tornar a vida mais fácil, sobretudo para pessoas com deficiência e idosos.

Por fim, a Tecnologia Assistiva apresenta algumas classificações importantes, que merecem ser destacadas: auxílios para vida diária e vida prática; Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA); recursos de acessibilidade ao computador; sistemas de controle de ambiente; projetos arquitetônicos para

acessibilidade; órteses e próteses; adequação postural; auxílios de mobilidade; auxílios para ampliação da função visual, bem como recursos que traduzem conteúdos visuais em áudio ou informação tátil; auxílios para melhorar a função auditiva e recursos utilizados para traduzir os conteúdos de áudio em imagens; texto e língua de sinais; mobilidade em veículos, no esporte e no lazer (Bersch e Tonolli, 2006). Destacamos que o trabalho proposto nesta dissertação se encaixa na classificação de auxílios para a vida diária e vida prática.

### 2.3.1

#### Usabilidade em Tecnologias Assistivas

A usabilidade concentra-se na maneira como as pessoas utilizam o produto, especialmente no que diz respeito à interação entre o usuário, a tarefa e o produto em questão (da Silva Cabral et al., 2017). Segundo Nielsen (1994), a usabilidade é um conjunto de características que determinam a qualidade do produto considerando sua utilização pelo usuário.

A avaliação do produto, por sua vez, necessita de um conjunto de critérios que atendam às expectativas construídas em torno do que deve conter um bom sistema na visão de seus usuários finais (Gorziza Avila et al., 2013). No processo de avaliação da usabilidade, propriamente dito, são empregados métodos de avaliação destinados tanto a especialistas quanto a usuários, englobando avaliações de desempenho, que podem ser quantitativas e qualitativas (da Silva Cabral et al., 2017). Para a seleção dos usuários a serem observados, Nielsen (1994) recomenda que ela seja o mais diversificada possível, levando em conta fatores como experiência, localização, estilo de vida e outros critérios, com o objetivo de abranger uma ampla gama de perspectivas em relação ao produto.

Com a evolução e integração de novos dispositivos como tecnologias assistivas, surgem novas oportunidades de interações cognitivas, físicas e sensoriais. Conseqüentemente, é de suma relevância focar nos elementos relacionados à usabilidade desses recursos no contexto da pesquisa e desenvolvimento em tecnologias assistivas (de Souza Ribeiro e Bracciali, 2019). Além disso, a tecnologia assistiva contribui significativamente para mitigar os desafios associados à deficiência e desempenha um papel essencial no desenvolvimento educacional de cada ser humano (Schafhauzer e da Silva, 2023).

Levar em conta os fatores relacionados à usabilidade durante o processo de pesquisa e desenvolvimento também tem uma influência substancial na efetividade da introdução e na aceitação bem-sucedida das tecnologias assistivas (de Souza Ribeiro e Bracciali, 2019). A negligência desses aspectos pode levar a uma utilização inadequada das tecnologias assistivas pelo usuário, eventual-

mente levando ao seu abandono, como é possível observar em alguns estudos internacionais que mostraram que mais de 30% dos recursos assistivos adquiridos eram deixados de lado pelos usuários durante o período que vai do primeiro ao quinto ano de uso, havendo casos em que sequer chegavam a ser utilizados (Scherer, 2002; Verza et al., 2006).

Conforme mencionado por Arthanat et al. (2007), a usabilidade eficaz de um produto depende significativamente da concordância entre o modelo do produto e a percepção final do usuário. A falta de harmonia entre as necessidades e habilidades do usuário, juntamente com o design da interface e os fatores contextuais, pode resultar em uma diminuição substancial na interação entre o ser humano e o produto (Pimentel, 2020).

De forma geral, os aspectos ligados à usabilidade de tecnologias assistivas parecem não receber a devida atenção na comunidade científica (de Souza Ribeiro e Braccialli, 2019). Uma análise abrangente do estado atual da pesquisa em tecnologia assistiva no Brasil revelou que, a partir de 2011, houve um aumento no interesse por esse tema. No entanto, a maioria dos estudos identificados nessa pesquisa é de natureza descritiva e concentra-se principalmente no desenvolvimento de produtos, muitas vezes sem uma avaliação de usabilidade adequada e sem a consideração de uma abordagem multidisciplinar (Braccialli, 2016).

## 2.4 Interface Físicas

“Interface” é o termo utilizado para descrever todas as partes de um sistema com as quais um usuário interage ao utilizá-lo, seja de forma ativa ou passiva. A interface abrange tanto o software quanto o hardware, incluindo dispositivos de entrada e saída, como teclados, mouses, tablets, monitores, impressoras, entre outros (Martins e SOUZA, 1998). Analisando a interação como um processo de comunicação, é possível enxergar a interface como o sistema de comunicação empregado nesse processo, a interface do usuário deve ser entendida como a parte de um sistema de computador com a qual uma pessoa se relaciona, seja de maneira física, perceptiva ou conceitual (Moran, 1981).

No início da sua disseminação na área de informática, o conceito de interface abrangia apenas o hardware e o software que possibilitavam a comunicação entre seres humanos e computadores (de Moraes, 2007). No entanto, à medida que esse conceito progrediu, foram incorporadas às pesquisas abordagens que incluem aspectos multidimensionais, como os aspectos cognitivos e emocionais do usuário durante o processo de comunicação (Baranauskas e ROCHA, 2000).

A partir daí, surgiram novas interpretações sobre os aspectos que englobam interfaces, como em (Prates e Barbosa, 2003), que descrevem que a dimensão física engloba os elementos da interface que o usuário pode manipular, enquanto a dimensão perceptiva inclui aqueles que o usuário pode perceber. Além disso, a dimensão conceitual emerge dos processos de interpretação e raciocínio do usuário, desencadeados por sua interação com o sistema. Esses processos têm como base as características físicas e cognitivas do usuário, seus objetivos e o ambiente de trabalho em que se encontra.

### 2.4.1

#### **Avaliação das Interfaces Físicas**

Uma avaliação pode ser aplicada em qualquer momento da etapa de um projeto, podendo ela contribuir para um aperfeiçoamento. No entanto, para um bom resultado, deve-se escolher o tipo mais adequado em cada aplicação (de Moraes, 2007). Preece et al. (2005) destacam que as avaliações podem ser feitas com observação dos usuários em sua tarefa, mas também podem ser realizadas por profissionais por meio de inspeção da interface.

A área de IHC estabelece técnicas e guias para projetar, desenvolver e avaliar interfaces com o usuário que alcancem alta usabilidade, permitindo que ele possa realizar suas tarefas com segurança, de maneira eficiente, eficaz e com satisfação (Filardi e Traina, 2008). Dessa forma, as medidas de usabilidade refletem os resultados da interação dos usuários com o sistema proposto. É possível classificar essas medidas em dois tipos (Hix e Hartson, 1993): objetivas e subjetivas. A primeira está relacionada a medidas que envolvem observação direta, geralmente em relação ao desempenho do usuário ao realizar testes utilizando a interface. Essas medidas objetivas têm a capacidade de fornecer informações como tempo decorrido, velocidade ou a ocorrência de eventos específicos. Já a segunda consiste em avaliações subjetivas, geralmente fornecidas pelos usuários, em relação à usabilidade da interface. Essas respostas subjetivas fornecem informações que expressam os sentimentos, crenças, atitudes e preferências dos usuários.

Enquanto as medidas objetivas oferecem informações diretas sobre o desempenho, a eficácia e eficiência do usuário, as medidas subjetivas estão intrinsecamente ligadas à satisfação do usuário, originadas das opiniões que eles compartilham sobre suas experiências e os resultados alcançados (Hix e Hartson, 1993). Ainda, a escolha das medidas varia conforme os objetivos e o contexto da avaliação, visto que, em muitos casos, há diferenças significativas devido aos tipos de usuários, tarefas ou ambientes envolvidos (Hix e Hartson, 1993).

Ademais, as avaliações são classificadas com base em sua natureza, podendo ser de dois tipos (da Cunha, 2012): formativas (também conhecidas como construtivas) ou somativas (também chamadas de conclusivas). A avaliação formativa (construtiva) ocorre durante o processo de design, ou seja, durante a elaboração do produto, antes que ele seja considerado finalizado. Ela tem como objetivo identificar precocemente possíveis problemas de interação e interface. Além disso, é usada para compreender e confirmar as necessidades do usuário, garantir a usabilidade e analisar e comparar ideias de design. Por outro lado, a avaliação somativa (conclusiva) ocorre após a solução estar completa (ou parcialmente completa).

Os métodos de avaliação IHC podem ser de inspeção, observação e investigação (Barbosa e Silva, 2010). No primeiro caso, os métodos de inspeção possibilitam que o avaliador examine uma solução de IHC com o intuito de antecipar as potenciais consequências de determinadas decisões de design. Esses métodos não incluem a participação direta dos usuários, assim concentram-se em experiências de uso hipotéticas, em oposição às experiências reais (Barbosa e Silva, 2010). Para isso, os avaliadores, que são considerados especialistas em usabilidade, adotam a perspectiva de um usuário específico e avaliam o sistema, identificando eventuais problemas. A utilização desses métodos é eficiente em termos de tempo e de custos iniciais; no entanto, é crucial ter em mente que o avaliador não representa o usuário e, portanto, pode cometer equívocos em situações específicas (Nielsen, 1994). É possível mencionar alguns exemplos de métodos de inspeção, como a Avaliação Heurística (Nielsen, 1994), o Percurso Cognitivo (Lewis e Wharton, 1997) e a Inspeção Semiótica (De Souza et al., 2006).

Já os métodos de observação possibilitam ao avaliador a obtenção de informações acerca das circunstâncias em que os participantes desempenham suas atividades, seja com ou sem o auxílio da tecnologia computacional (Barbosa e Silva, 2010). O processo de registro e análise desses dados facilita a identificação de problemas concretos enfrentados pelos participantes, não se limitando apenas a problemas potenciais previstos pelo avaliador, como ocorre em uma avaliação por inspeção. Teste de Usabilidade (Hackos, 1995) e Método de Avaliação de Comunicabilidade (Prates e Barbosa, 2007; Prates et al., 2000) são alguns exemplos de métodos de observação.

Por fim, os métodos de investigação compreendem o uso de diversas abordagens, como questionários, condução de entrevistas, realização de grupos de discussão e estudos de campo, entre outros. Essas técnicas proporcionam ao avaliador a capacidade de acessar, interpretar e analisar as concepções, opiniões, expectativas e comportamentos dos usuários em relação aos sistemas

interativos (Barbosa e Silva, 2010). Mais especificamente, esses métodos permitem explorar diferentes alternativas de design, identificar desafios comuns enfrentados pelos usuários, entender como eles se adaptaram à tecnologia existente e quais são suas perspectivas para interações futuras com tecnologias atuais e emergentes.

## 2.5

### Sistemas embarcados

Como resultado do avanço tecnológico, a forma exponencial como a indústria eletrônica vem crescendo é impressionante. Um dos pontos que justificam tal crescimento é a incorporação de sistemas eletrônicos numa grande variedade de produtos, como automóveis, eletrodomésticos e equipamentos de comunicação. Conhecidos como “sistemas de computação”, eles estão presentes em todos os lugares e fazem parte de nosso cotidiano, de maneira que não é surpreendente saber que existem milhões de sistemas destinados a diversas aplicações, desde o uso pessoal a servidores de empresas. Tais sistemas são encontrados embutidos em equipamentos eletrônicos e executam repetidamente uma função específica, de forma transparente para o usuário do equipamento, propondo um produto mais barato, eficiente e de boa qualidade (Barros e Cavalcante, 2010).

Barros e Cavalcante (2010) definem sistema embarcado como um sistema computacional especializado que faz parte de uma máquina ou sistema maior. Além disso, esses sistemas possuem algumas características comuns, dentre as quais podemos destacar:

- Funcionalidade única: Um sistema embarcado executa somente um programa repetidamente;
- Restrições de projeto mais rígidas: todos os sistemas de computação possuem alguma restrição de projeto a ser satisfeita, como custo, tamanho, desempenho, potência dissipada, etc.;
- Sistemas reativos de tempo real: sistemas embarcados que devem reagir a mudanças no ambiente, fornecendo resultados em tempo real.

Segundo Carro e Wagner (2003), os sistemas computacionais embarcados estão presentes em uma parte significativa das atividades humanas e, como uma de suas características é o seu baixo custo, a tendência é que sua presença no cotidiano das pessoas só aumente. Já Cunha (2007) define sistemas embarcados como sistemas que concentram sua capacidade computacional dentro de um circuito integrado (CI), equipamento ou sistema. Além disso, ressalta que

um sistema como esse deve ser mais do que um simples computador, pois é caracterizado por ser um sistema completo e independente.

Cunha (2007) destaca alguns outros aspectos relevantes dos sistemas em aplicações embarcadas, que correspondem aos tipos existentes de tais sistemas. São eles:

- Sistemas de propósito geral: são as aplicações mais parecidas com os computadores de mesa, mas em embalagens embarcadas. Nelas, costuma haver grande interação entre os usuários e o sistema, geralmente através de terminais de vídeo ou monitores. Como exemplo tem-se os videogames, os conversores de TV a cabo, terminais de autoatendimento de bancos, etc.
- Sistemas de controle: controles em malha fechada com realimentação em tempo real. Geralmente são as aplicações mais robustas, com placas dedicadas e múltiplos sensores de entrada e saída. Muitas vezes fornecem pouca interação com o usuário, mostrando sinalizações através de LEDs. São usados nos motores de automóveis, processos químicos, controle de voo, usinas nucleares, etc.
- Processamento de sinais: envolve um grande volume de informação a ser processada em curto espaço de tempo. Os sinais a serem tratados são digitalizados através de conversores analógico-digitais, processados, e novamente convertidos em sinais analógicos por conversores DA. São os casos de tratamento de áudio, filtros, compressão de vídeo, radares e sonares, etc.
- Comunicações e redes: consistem no chaveamento e distribuição de informações, geralmente aplicados em sistemas de telefonia e telecomunicações e internet.

A construção de projetos envolvendo sistemas embarcados deve possuir uma metodologia bem elaborada e exatidão. Diante disso, a metodologia escolhida deve ser capaz de contemplar três ações específicas: especificação/modelagem, validação e síntese (Zurita, 2011).

No que diz respeito à especificação e modelagem de um sistema embarcado, inicia-se o processo a partir da descrição de uma especificação e finaliza-se com a descrição de um modelo. Dessa maneira, um modelo formal segue o seguinte padrão: uma especificação funcional, a qual envolve um conjunto de relações de caráter explícito ou não atrelado a entradas, saídas e possíveis estados internos; um conjunto de propriedades que o projeto deve satisfazer a partir das entradas, saídas e estados, permitindo a comparação com a especificação funcional; um conjunto de índices de desempenho para avaliação da

qualidade do projeto, como o custo, a confiabilidade, velocidade e tamanho, resultando em um grupo de equações que envolvem entradas e saídas; e, por fim, cria-se um conjunto de restrições sobre índices de desempenho (Zurita, 2011).

Todos esses passos permitem o estabelecimento de um modelo, o qual precisa de validação. A principal finalidade dessa validação do software é identificar se, durante seu tempo de vida, requisitos inerentes tanto ao software quanto ao próprio sistema estão corretos, completos, com precisão e consistência, garantindo a qualidade do programa de software. Além disso, se verificado qualquer erro durante esse processo de modelagem, ele deve recomeçar, repetindo o ciclo até que o produto seja modelado sem erros. Para isso, as principais ferramentas adotadas são a simulação e a verificação formal (Zurita, 2011).

Uma vez realizadas todas as etapas anteriores e obtendo-se resultados positivos na validação, o projeto pode ser sintetizado. Como síntese, compreende-se o processo de se transformar uma especificação mais abstrata em uma mais específica, o que se refere a aumentar os níveis de detalhamento da especificação. Entretanto, convém alertar que, por vezes, o conceito de síntese é confundido com o de compilação. Porém, enquanto a compilação tem como entrada e saída um software, a síntese é mais complexa, pois pode ter como entrada um software e saída uma descrição de hardware (Zurita, 2011).

Um outro conceito importante diz respeito aos níveis de abstração, os quais são representados pelo diagrama em Y desenvolvido por Gajski et al. (2009). Segundo ele, toda informação de um sistema embarcado pode ser representada através do diagrama em Y, com três dimensões: dimensão comportamental, dimensão estrutural e dimensão física. Na comportamental, cada componente do sistema é tido como uma caixa preta, com saídas e entradas descritas em função do tempo. Não há informações de como o componente foi construído, apenas detalhamento do que ele é; na dimensão estrutural, a caixa preta já é considerada um conjunto de componentes e conexões; por fim, na dimensão física são acrescentadas informações geométricas, tais como tamanho do componente, altura, peso, posição dos componentes, forma das conexões etc. Cada camada possui um nível de detalhamento maior em relação à anterior, logo, partindo do mais simples para o mais complexo. Assim, entende-se que, quanto menor o nível de detalhamento do componente, maior é o seu nível de abstração. Esses níveis de abstração não são fixos, podendo ser maiores ou menores de acordo com o tipo de metodologia adotada (Zurita, 2011).

Quanto aos tipos de metodologias propostas, três são consideradas como principais: *bottom-up*, *top-down* e *meet-in-the-middle*. Cada uma apresenta vantagens e desvantagens, por isso é de extrema importância escolher uma

metodologia adequada para o desenvolvimento do projeto (Zurita, 2011).

Na *bottom-up*, inicia-se o projeto com detalhamento de todos os componentes considerados elementares. A partir disso, os projetistas realizam as conexões dos componentes que, por sua vez, originam subsistemas que são conectados novamente para gerar subsistemas maiores e assim por diante, até que seja concluído todo o sistema:

Numa metodologia *bottom-up* típica, os projetistas desenvolvem uma série de componentes e os armazenam em uma biblioteca para serem utilizados no próximo nível de abstração. A vantagem desta metodologia é de separar claramente cada nível de abstração em sua própria biblioteca. Isto permite a repartição de todo o projeto em pequenas partes a cada nível de abstração e facilitando o gerenciamento do projeto, já que cada grupo fornece uma biblioteca de componentes para o próximo nível de abstração. Por outro lado, a desvantagem dessa metodologia é que as bibliotecas devem conter todos os possíveis componentes com todos os possíveis parâmetros, devendo ser otimizados para os requisitos do nível de abstração seguinte, algo difícil de se prever nos baixos níveis de abstração (Zurita, 2011).

Na metodologia *top-down*, o projeto se inicia do todo, ou seja, parte do final do sistema desejado, sem muitas características, feito de forma abstrata, e vai sendo refinado conforme o projeto vai avançando, desenvolvendo subsistemas até chegar nos termos dos componentes elementares (Zurita, 2011). Assim, é possível inferir que essa metodologia se contrapõe à metodologia *bottom-up* no sentido de construção organizacional:

Além de ser bastante intuitiva, esta metodologia tem a grande vantagem de permitir um bom grau de automatização, o que permite reduzir o tempo de projeto e minimizar a introdução de falhas humanas. Por outro lado, tem a desvantagem de não permitir conhecer com precisão as reais métricas do sistema até que o último passo tenha sido completado. Quando elas não atendem aos requisitos, o projeto precisa recuar e ser refeito repetidas vezes até que eles sejam alcançados. Para minimizar esse inconveniente, são empregados os chamados estimadores, ferramentas capazes de estimar características de um nível mais baixo de descrição, tais como consumo, desempenho, área de silício ocupada, latência, vazão etc., a partir de descrições em mais alto nível (Zurita, 2011).

O fluxo de projeto de sistemas embarcados elaborado por Berger (2001), com base na metodologia *Meet-in-the-middle*, indica o ciclo de vida de sistemas embarcados em sete fases: especificação do produto, fragmentação do projeto em componentes de software e de hardware, iteração e refinamento do particionamento, tarefas independentes do hardware e do software, integração do componentes de hardware e software, testes, aceitação e lançamento do produto, além da manutenção e atualização de forma contínua.

Por fim, a metodologia *meet-in-the-middle* se originou da combinação das duas outras metodologias citadas anteriormente, a fim de agregar as vantagens que cada uma possui, bem como de evitar a propagação das desvantagens. Essa metodologia, segundo Zurita (2011), é a mais adotada por projetistas, sobretudo, os que se dedicam na elaboração de sistemas embarcados.

Destacamos que nesse trabalho, utilizaremos o conceito de Barros e Cavalcante (2010), focando na funcionalidade única na características de sistemas embarcados.

## 3 Trabalhos Relacionados

Este capítulo apresenta os trabalhos existentes na literatura que se relacionam mais fortemente com o presente projeto.

A utilização de sistemas embarcados em dispositivos versáteis com foco em acessibilidade tem avançado de acordo com a necessidade humana. Assim, esses sistemas e dispositivos estão presentes no âmbito educacional, no âmbito da saúde, nos setores de transporte e nos processos de desenvolvimento de acessibilidade para inclusão de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. A ideia principal é tornar a vida mais fácil e aprimorar aspectos que beneficiem a sociedade. Diante disso, esse tópico destina-se a apresentar o desenvolvimento de dispositivos e sistemas que, de alguma forma, beneficiaram a sociedade.

### 3.1 *Liftware Steady*

O *Liftware Steady*<sup>1</sup> é um kit que contém uma alça de estabilização eletrônica e um conjunto de acessórios que incluem uma colher de sopa, uma colher diária, um garfo e uma colher-garfo. Este dispositivo é projetado para ajudar pessoas com tremor nas mãos. A alça de estabilização contém sensores que detectam o movimento da mão e um pequeno computador de bordo que distingue o tremor indesejado do movimento pretendido da mão. Para estabilizar o acessório, o computador direciona dois motores no cabo para mover o acessório conectado a alça, na direção oposta a qualquer tremor detectado. Este dispositivo utiliza a tecnologia chamada de Cancelamento Ativo de Tremor, o qual detecta a direção do tremor e move a colher na direção oposta para estabilizá-la.

Um ensaio clínico foi realizado a fim de avaliar e validar o dispositivo *Liftware Steady*. Durante o ensaio foi observado que o dispositivo foi capaz de reduzir em cerca de 70% a vibração do acessório em comparação com a vibração de uma colher ou grafo tradicionais, quando utilizados por pessoas com doença de Parkinson.

---

<sup>1</sup><https://www.liftware.com/steady/>



Figura 3.1: Kit *Lifeware* ( <https://www.liftware.com/steady/>)

No que concerne as diferenças que podem ser observadas entre o *Lifeware* e o dispositivo aqui proposto, vale chamar atenção para a forma da tecnologia e o tipo de algoritmo utilizado. Enquanto o *Lifeware* apresenta um dispositivo sob a forma de colher, propomos uma ferramenta versátil, para mais de uma atividade com a mão. Outro diferencial está no filtro e arquitetura de componentes utilizados.

### 3.2 Emma Watch

O Emma Watch <sup>2</sup> é um dispositivo vestível que foi desenvolvido pela *Microsoft Research Cambridge*, e sua equipe, para ajudar na recuperação do controle das mãos na execução de tarefas simples de desenho e escrita.

---

<sup>2</sup><https://www.microsoft.com/en-us/research/project/project-emma/>



Figura 3.2: Emma Watch (<https://www.microsoft.com/en-us/research/project/project-emma/>)

O projeto Emma funciona com um efeito de vibração rítmica através de pequenos motores ao redor do pulso. Foi projetado com alças de pulso intercambiáveis, de modo que o relógio aborda praticidade e elegância. De acordo com a *Microsoft*, o *Emma Watch* possui “motores vibratórios semelhantes aos presentes em *smartphones* para tentar controlar os membros do paciente”. Esses motores criam vibrações contrárias aos tremores de pacientes com Parkinson, tentando estabilizar os movimentos das mãos. Com o dispositivo, a *Microsoft* espera ajudar pacientes a recuperarem parte do controle dos movimentos para poderem realizar atividades como desenho e escrita de maneira mais estável.

Dentre as principais diferenças entre o Emma e o nosso dispositivo estão a questão da aplicação, ou seja, as atividades que serão realizadas, tipo de algoritmo e forma mecânica do dispositivo.

### 3.3

#### ***Assistive Device to support feeding***

O dispositivo proposto no presente trabalho guarda ainda certas semelhanças com outro dispositivo proposto por Santos et al. (2019), chamado simplesmente de “*Assistive Device (to support feeding)*” ou “AD”. Seu artigo apresenta o processo de design de um dispositivo assistivo voltado para pessoas com Doença de Parkinson ou algum grau de tremor nas mãos. Os autores propõem uma abordagem de design centrada no usuário, baseada na integração das ferramentas Casa da Qualidade (QFD) e TRIZ na busca de soluções técnicas viáveis e inventivas.

Assim como no caso do nosso dispositivo, os autores utilizaram a im-

pressão 3D como uma ferramenta para apoiar e refinar o design, através da fabricação de maquetes e protótipos usados na interação e teste com os usuários.

Como apontado no texto, o TRIZ é um método para resolver problemas de engenharia criado por Altshuller (1999). Baseia-se na ideia de que o desenvolvimento da tecnologia e a criação de ideias inovadoras seguem padrões e linhas de evolução, em vez de serem aleatórios. Como resultado, TRIZ um kit de ferramentas que reúne soluções bem-sucedidas do passado para ajudar a criar novas soluções no futuro.

Já o QFD (Quality Function Deployment) foi desenvolvido por Akao (2004). Seu propósito é vincular os requisitos do cliente com o projeto e desenvolvimento de um produto. A principal ferramenta utilizada no QFD é a matriz “House of Quality”, que alinha os requisitos do cliente com as características de qualidade do produto. Segundo os autores, isso ajuda a preencher a lacuna entre os aspectos técnicos e do usuário e atribui importância relativa aos parâmetros técnicos com base nas necessidades do usuário.

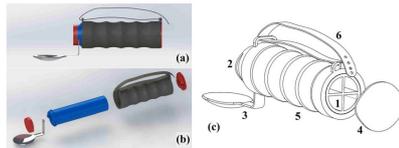


Figura 3.3: Modelo virtual do AD (*Assistive Device to support feeding*), com a visão lateral do produto (a); a visão de montagem (b); e seu desenho técnico (c) (Santos et al., 2019)

Os principais aspectos do projeto do AD proposto incluíram um sistema mecânico simples, peças fáceis de usar e substituir e fluido acessível (água) para estabilizar os tremores. O AD também foi projetado para ser facilmente montado e transportado, com maior área de empunhadura para maior conforto. O design atendeu tanto aos critérios do usuário quanto de design, oferecendo flexibilidade e opções de personalização a um custo acessível.

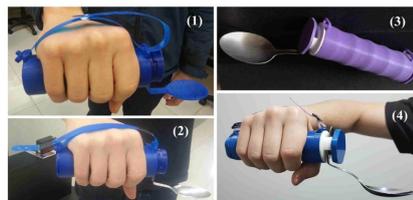


Figura 3.4: Todas as versões do protótipo do dispositivo AD (Santos et al., 2019)

A iteração mais recente do protótipo foi testada com um homem de 60 anos com Doença de Parkinson que tomava medicação regularmente. Foi utilizado um tipo de desenho experimental de caso único denominado ABC, com fases A (linha de base), B (intervenção utilizando o protótipo sem cavidade) e C (intervenção utilizando o protótipo com uma cavidade preenchida). O teste avaliou o desempenho e a satisfação do usuário durante a tarefa de auto-alimentação. Os dados foram coletados na casa do participante ao longo de 52 dias, usando a Medida Canadense de Desempenho Ocupacional ao final de cada sessão de alimentação. Os métodos *Celeration Line* e *Two-Standard Deviation Band*, juntamente com a análise visual, foram usados para analisar os dados.

De maneira geral, os autores reportam que o processo de design resultou em melhor comunicação entre a equipe multidisciplinar, identificação mais clara das necessidades do usuário, redução do tempo de desenvolvimento e criação de soluções funcionais e inovadoras. O uso da impressão 3D para prototipagem permitiu uma abordagem de design mais centrada no usuário por meio da participação ativa das partes interessadas no processo de design e teste. Embora os resultados da fase B ainda não sejam conclusivos, espera-se que melhorem com a introdução de cavidades obturadas na fase C.

A principal diferença entre o trabalho de Santos et al. (2019) e o presente, está na arquitetura de componentes utilizados, as formas de interação e versatilidade de outras atividades com as mãos, uma vez que o nosso consegue atender a um conjunto de atividades para higiene bucal, ao ajudar na atividade de escovar os dentes e em outras atividades como, pentear cabelos.

### 3.4

#### **Análise Geral dos Trabalhos Relacionados**

Como já esclarecido nas seções acima, existem diversas diferenças e semelhanças entre os trabalhos mencionados quando comparados com o dispositivo que está sendo proposto na presente dissertação.

O dispositivo proposto neste trabalho se diferencia mais claramente dos projetos apresentados neste capítulo por ser projetado como um produto versátil, em seu conjunto de atividades aplicável no auxílio de pessoas com Doença de Parkinson em mais de um tipo de tarefa cotidiana. Mais especificamente, nosso dispositivo foi testado para suportar alimentação; ajudar na higiene bucal, ao escovar os dentes; e também para amparar a atividade de pentear os cabelos.

A tecnologia utilizada para redução dos tremores involuntários do nosso dispositivo também apresenta alguns diferenciais. O aparelho conta com um

acelerômetro e um giroscópio que servem para detectar as variações de vibração involuntárias da mão do usuário, fazendo então filtragem dos ruídos com o auxílio do Filtro de Kalman. Dois micro servomotores são responsáveis por criar o movimento de compensação dos tremores, e um módulo SD Card armazena os dados de cada usuário. Em outras palavras, a partir das leituras das vibrações pelos sensores, verifica-se sempre se uma variação de vibração foi detectada ou não. Caso seja detectada, o sinal de detecção é enviado para o filtro responsável, a fim de que as variações sejam corrigidas. Após tal correção, é verificado se os dados foram filtrados: caso tenham sido, um sinal é enviado para os atuadores do sistema e para o *datalogger*. Caso persista alguma variação, o algoritmo retoma o passo anterior até que o sinal seja filtrado.

A seguir, apresentamos com um pouco mais de detalhes nossa proposta, mais particularmente em sua primeira versão para testes, e então discutimos alguns dos resultados dos experimentos preliminares.

## 4 VerStick

O dispositivo proposto é a combinação de um suporte versátil com sensores de posição e dois motores. Para realizar a filtragem de ruídos do sensor de posição, decorrentes dos movimentos involuntários de pessoas com Doença de Parkinson, utilizamos o algoritmo de Filtro de Kalman (Welch et al., 1995), que se caracteriza por ser um método de otimização que estima o estado de um sistema considerando ruídos, incertezas e interferências. Além disso, o algoritmo de Filtro de Kalman é capaz de ser executado em tempo real devido à sua natureza recursiva (Welch et al., 1995).

Um sistema embarcado é responsável pelo processamento das informações: os dados dos sensores são processados e analisados pela placa Arduino Nano 33 BLE. A Figura 4.1 apresenta uma visão geral do VerStick.

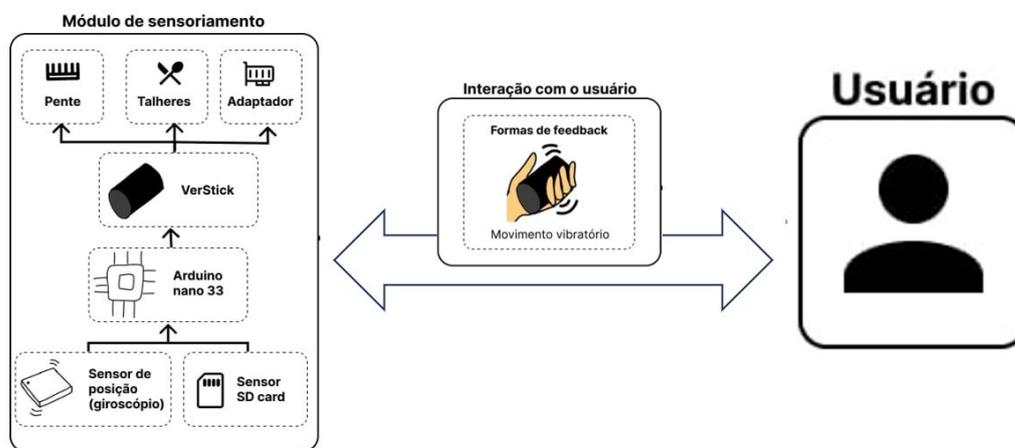


Figura 4.1: Visão Geral

As informações que são capturadas pelo acelerômetro e giroscópio apresentam ruídos decorrentes da variação de sinal. Uma vez que essas informações passam pela filtragem de dados, os ruídos são suavizados, identificando a informação de ângulos corretamente. Essa informação é processada pela placa e enviada para os dois motores presentes no dispositivo, que realizam a movimentação para girar da maneira adequada.

## 4.1

### Requisitos

Nesta seção apresentamos o requisitos funcionais e não-funcionais do sistema proposto.

#### 4.1.1

##### Requisitos Funcionais

Para representar os requisitos funcionais adotamos a notação [RFxx]: “RF” é sigla para “requisito funcional” e “xx” representa o número do requisito. A Tabela 4.1 apresenta os requisitos funcionais que o dispositivo deverá cumprir. Os requisitos funcionais foram rotulados como:

- Essencial: É o requisito considerado indispensável para o funcionamento do sistema, pois sem ele o sistema não funcionará ou não atenderá as necessidades do usuário.
- Importante: É um requisito bastante importante para a execução do projeto, porém o sistema funciona sem ele.
- Desejável: É um requisito opcional que, mesmo sem ser aplicado, não impede o sistema de atender às funções básicas. Este requisito pode ser satisfeito somente em versões posteriores do projeto.

ID	Nome	Descrição	Prioridade
RF01	Fazer reconhecimento de padrões dos movimentos das mãos	O dispositivo deve detectar movimentos e reconhecer padrões	Essencial
RF02	Adaptar de acordo com o usuário	O dispositivo deve ser versátil para que usuários diferentes possam utilizá-lo	Essencial
RF03	Possuir controle dos motores	O dispositivo deve permitir o controle dos motores da aplicação	Essencial
RF04	Indicar quando está ligado	O dispositivo deve indicar quando for ligado através de algum <i>feedback</i> para o usuário	Importante
RF05	Capturar dados de log	o dispositivo deve capturar as informações de log de dados de cada usuário para a coleta de informações sobre as vibrações	Essencial

Tabela 4.1: Requisitos Funcionais do dispositivo

#### 4.1.2

##### Requisitos Não-Funcionais

Para os requisitos não-funcionais, adotamos a notação [RNFxx]: “RNF” é sigla para “requisito não-funcional” e “xx” representa o número do requisito. A Tabela 4.2 apresenta os requisitos não-funcionais do dispositivo.

ID	Nome	Descrição
RNF01	Facilidade no Uso	O dispositivo deve ser fácil de utilizar, permitindo que usuários consigam realizar as tarefas sem algum tipo de intervenção ou dificuldade
RNF02	Seja inofensivo aos envolvidos.	O dispositivo não deve causar alguma situação de risco para o usuário

Tabela 4.2: Requisitos não-funcionais do dispositivo

## 4.2

### Tecnologias Utilizadas

O dispositivo proposto combina um suporte versátil com sensores de posição e motores que realizam a detecção e filtragem dos movimentos involuntários. Para que as informações sejam processadas, uma plataforma embarcada junto ao dispositivo controla e realiza o processamento em tempo real da variável ambiental (posição). Para o desenvolvimento da tecnologia foram selecionados os seguintes componentes:

- Arduíno Nano 33 BLE:<sup>1</sup> É uma placa para desenvolvimento de protótipos. Ele é construído sobre o microcontrolador nRF52840, que faz parte da família ARM cortex M4. O Nano 33 BLE não só possui a possibilidade de conexão via BLE, mas também vem equipado com uma IMU de 9 eixos, tornando-o adequado para projetos.
- MPU6050:<sup>2</sup> O módulo possui no mesmo invólucro um acelerômetro e um giroscópio de alta precisão com tecnologia MEMS. São seis eixos no total, estando três deles à disposição para serem utilizados com o acelerômetro e os outros três com o giroscópio. O MPU-6050 possui um recurso interno chamado DMP (*Digital Motion Processor*). O DMP permite que o algoritmo de detecção de movimento seja processado no próprio módulo, liberando o microcontrolador dessa tarefa.
- Módulo SD CARD:<sup>3</sup> Este módulo é um dispositivo eficiente e compacto, desenvolvido especialmente para otimizar o trabalho de projetistas e estudantes na confecção de projetos eletrônicos. Seu funcionamento consiste em salvar dados fornecidos por sensores e/ou ainda armazenar um histórico de ações e ocorrências durante a execução do Arduíno. Trata-se de um módulo que possui um leitor de cartão micro SD integrado, o qual se comunica através do sistema de arquivos e do *driver* de interface SPI, além do sistema de SCM, de modo a completar o arquivo para ler e escrever no cartão micro SD.
- Módulo de Alimentação:<sup>4</sup> Para a alimentação do circuito, escolheu-se o módulo LilyPad Power Supply. Trata-se de uma fonte de alimentação de pequenas dimensões, porém de grande utilidade, desenvolvida com o propósito de ser discreta e pequena. Através de seus periféricos metálicos

---

<sup>1</sup><https://docs.arduino.cc/hardware/nano-33-ble>

<sup>2</sup><https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf>

<sup>3</sup><https://components101.com/modules/micro-sd-card-module-pinout-features-datasheet-alternatives>

<sup>4</sup>[https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Sparkfun%20PDFs/DEV-11259\\_Web.pdf](https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Sparkfun%20PDFs/DEV-11259_Web.pdf)

específicos, o LilyPad Power Supply possui a capacidade de armazenar uma pilha AAA comum e amplificar a sua tensão para até 5V, podendo ter uma tensão de entrada variável de 1,2 até 5V. Para tornar sua experiência de uso ainda mais profissional, o LilyPad Power Supply, além de possuir um sistema contra curto circuito e um interruptor on-off, possui também um limite de corrente de 200mA.

Vale ressaltar que os componentes utilizados foram escolhidos sob critério de disponibilidade, facilidade de programação e preço. Mais detalhes da parte eletrônica encontram-se no Apêndice A.

### 4.3

#### Filtro de Kalman

Desenvolvido por Rudolf Kalman em 1960, o filtro de Kalman é um método matemático avançado amplamente utilizado para estimar valores futuros com base em medidas anteriores, levando em consideração o ruído atual (Welch et al., 1995). Sua aplicação é especialmente relevante quando se busca atenuar ruídos que estão relacionados a um valor específico a ser observado, com o objetivo de minimizar erros e extrair informações valiosas por meio de técnicas estatísticas (dos Santos Oliveira e Gonçalves, 2017).

O filtro de Kalman é composto por duas etapas principais: predição e correção. Essas etapas são baseadas em técnicas recursivas que consideram a representação do sistema no espaço de estados, permitindo estimar sua dinâmica com precisão. Na etapa de predição, é realizada uma projeção da dinâmica do modelo, enquanto na etapa de correção, as estimativas são atualizadas com base na covariância do erro. Essa abordagem recursiva do filtro de Kalman permite que ele seja aplicado em tempo real, adaptando-se a mudanças e refinando continuamente as estimativas (dos Santos Oliveira e Gonçalves, 2017).

Com sua capacidade de combinar informações passadas e presentes de maneira otimizada, o filtro de Kalman é amplamente utilizado em diversas áreas, como controle de sistemas, processamento de sinais, robótica, navegação, reconhecimento de padrões, entre outras. Ele se destaca por sua eficiência em lidar com ruídos e incertezas, permitindo que seja utilizado para estimativas precisas e confiáveis de variáveis e estados em tempo real (Welch et al., 1995).

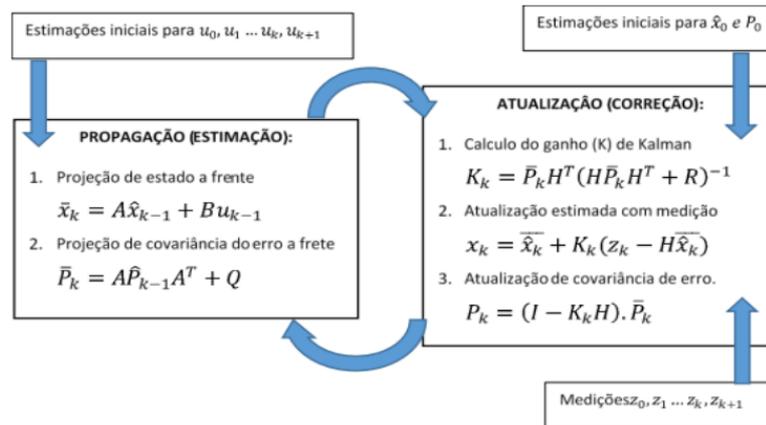


Figura 4.2: Circuito Algoritmo Filtro de Kalman Welch et al. (1995)

O filtro de Kalman opera da seguinte maneira: as entradas consistem nos valores dos sensores, nas últimas estimativas realizadas e na matriz de covariância do erro do estado anterior. Em seguida, inicia-se a etapa de estimação, na qual ocorre a projeção do estado futuro e do erro do estado futuro. Posteriormente, prossegue-se com a etapa de atualização do sistema, na qual são realizados cálculos do ganho de Kalman, seguidos pela atualização da medida estimada e da covariância do erro (Welch et al., 1995).

## 4.4

### Especificação do Sistema

Para desenvolvimento de sistemas embarcados existem muitos padrões de arquitetura de software. Para a aplicação desenvolvida, utilizamos o padrão de arquitetura em camadas: cada camada oferece serviços para a camada acima e atua como um cliente para a camada logo abaixo. Geralmente as interações entre as camadas são realizadas por meio de chamadas de funções (Sommerville et al., 2011).

#### 4.4.1

##### Diagrama de Camadas

O diagrama de camadas detalhado é apresentado na Figura 4.3. Cada camada é dividida em módulos que possuem responsabilidades e interfaces bem definidas. Nele é possível visualizar os módulos funcionais do projeto, os quais se comunicam entre si.

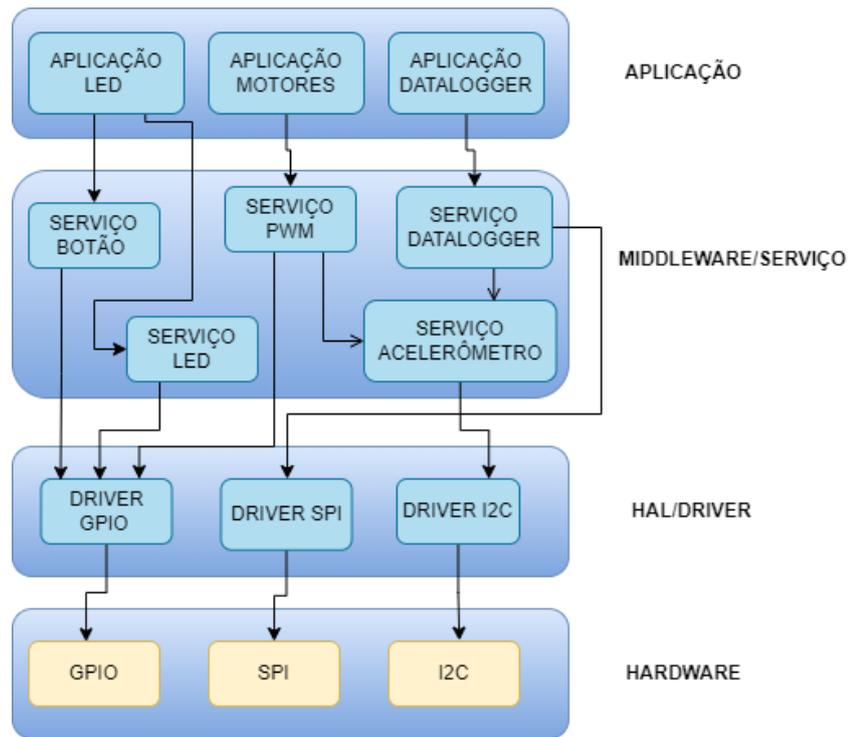


Figura 4.3: Diagrama de Camadas

O diagrama pode ser lido da seguinte forma: cada seta indica acesso a uma parte do sistema, iniciando na camada de aplicação, acessando os serviços, *drivers* e respectivos GPIOs.

Podemos perceber que a modularização das camadas permite que possamos identificar as funcionalidades. Na camada de **HARDWARE**, temos os tipos de periféricos que iremos acessar, que são:

- **GPIO:** São pinos configuráveis que podem ser usados tanto para entrada (input) quanto para saída (output) de sinais digitais. Eles permitem a interação entre o dispositivo de hardware e componentes externos, como sensores, atuadores, LEDs, botões, entre outros (Peixoto et al., 2012).
- **SPI:** O SPI é um protocolo de comunicação síncrona utilizado para transferir dados entre dispositivos digitais (Peixoto et al., 2012).
- **I2C:** O I2C é um protocolo de comunicação serial síncrona usado para transferir dados entre dispositivos digitais (Peixoto et al., 2012).

Já na camada de **HAL/DRIVER**, temos os drivers que são utilizados:

- **Driver GPIO:** O driver de GPIO (General Purpose Input/Output) é um componente de software que permite o controle e a comunicação com os pinos GPIO de um dispositivo de hardware, como um microcontrolador, processador ou placa de desenvolvimento. O driver de GPIO fornece uma

interface de programação que permite que um software controle o estado dos pinos GPIO, configurando-os como entrada ou saída, lendo o valor dos pinos de entrada ou definindo o valor dos pinos de saída (Martins et al., 2010; Peixoto et al., 2012).

- **Driver I2C:** Um driver I2C (Inter-Integrated Circuit) é um componente de software que permite a comunicação entre um microcontrolador ou processador e dispositivos periféricos que seguem o protocolo I2C. O driver I2C facilita a configuração e o controle das operações de comunicação do microcontrolador ou processador com os dispositivos periféricos compatíveis com o protocolo I2C. Ele fornece uma interface de programação que permite ao software enviar e receber dados por meio do barramento I2C. O driver I2C geralmente inclui funções ou métodos para configurar as propriedades de comunicação do barramento I2C, como o endereço do dispositivo periférico, a velocidade de transferência de dados, entre outros parâmetros (Martins et al., 2010; Peixoto et al., 2012).
- **Driver SPI:** Um driver SPI (Serial Peripheral Interface) é um componente de software que permite a comunicação entre um microcontrolador ou processador e dispositivos periféricos compatíveis com o protocolo SPI. O driver SPI facilita a configuração e o controle das operações de comunicação do microcontrolador ou processador com os dispositivos periféricos. Ele fornece uma interface de programação que permite ao software enviar e receber dados por meio dos barramentos SPI. O driver SPI oferece funções para iniciar a transmissão de dados, enviar e receber bytes de dados e gerenciar a sincronização adequada do barramento SPI. Ele lida com os detalhes de baixo nível da comunicação SPI, como a manipulação de registradores ou pinos específicos associados aos dispositivos periféricos (Martins et al., 2010; Peixoto et al., 2012).

Na camada de MIDDLEWARE/SERVIÇO, temos os serviços que foram criados:

- **Serviço Botão:** Foram as funcionalidades projetadas para o botão, como ligar e desligar o dispositivo.
- **Serviço PWM:** O serviço de PWM (Pulse Width Modulation) foi configurado para controlar a intensidade média de um sinal digital nos micro servos motores, atuando junto com o filtro de Kalman.
- **Serviço Datalogger:** O serviço Datalogger foi criado com a finalidade de salvar as informações. Nele foi configurado o módulo SD card para salvar as informações lidas pelo Giroscópio.

- **Serviço Acelerômetro:** O serviço acelerômetro foi feito para realizar as leituras do sensor, cujo sinal bruto recebido é filtrado pelo filtro de Kalman. Nele são feitos os cálculos necessários para a filtragem de sinal com a finalidade de reduzir a passagem de ruídos.

Na camada de APLICAÇÃO, temos as três aplicações geradas no sistema, que são o LED para *feedback*, os motores, que são os atuadores, e o *datalogger*, para salvar os dados.

- **Aplicação Led:** contém as funcionalidades específicas para o LED no projeto, no caso o usuário tem um feedback de que o dispositivo está ligado quando o mesmo está aceso, e desligado quando está apagado.
- **Aplicação Motores:** ativa os movimentos realizados pelos dois microservomotores.
- **Aplicação Datalogger:** armazena as informações dos usuários, o seu log de interação com o uso do dispositivo. Neste caso, as informações são armazenadas em um cartão de memória.

#### 4.4.2

##### Diagrama de Entrada e Saída

O diagrama de entrada e saída é caracterizado por ser uma forma de o usuário compreender o sistema (Kruchten, 1995; White, 2011). Em nosso caso, podemos verificar que o usuário terá acesso a um botão que irá habilitar o sistema e as informações serão processadas. Em sua saída temos os atuadores do sistema: os LEDs têm a funcionalidade de reportar ao usuário o alerta de estado, ligado ou desligado; os microservomotores têm por função realizar o giro de acordo com a informação recebida; e as informações são armazenadas no *datalogger*. A Figura 4.4 apresenta o diagrama de entrada e saída do sistema proposto.

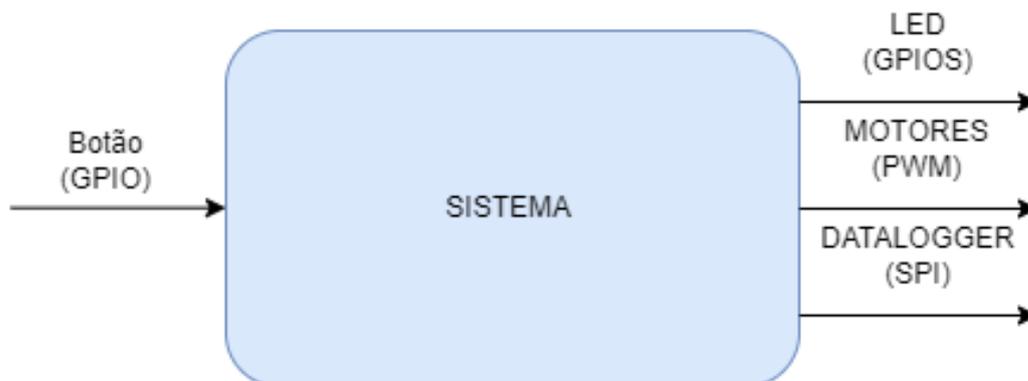


Figura 4.4: Diagrama de Entrada e Saída proposto

### 4.4.3 Diagrama de Blocos

O diagrama de Blocos é caracterizado por ser feito em blocos do *firmware* para visualizar a interação entre o *hardware* e *software* necessária para auxiliar no processo de implementação dos requisitos do sistema. Esse diagrama ajuda a esclarecer os blocos de *software/firmware* que devem ser implementados no projeto. A Figura 4.5 apresenta o diagrama de *software* em blocos desenvolvido.

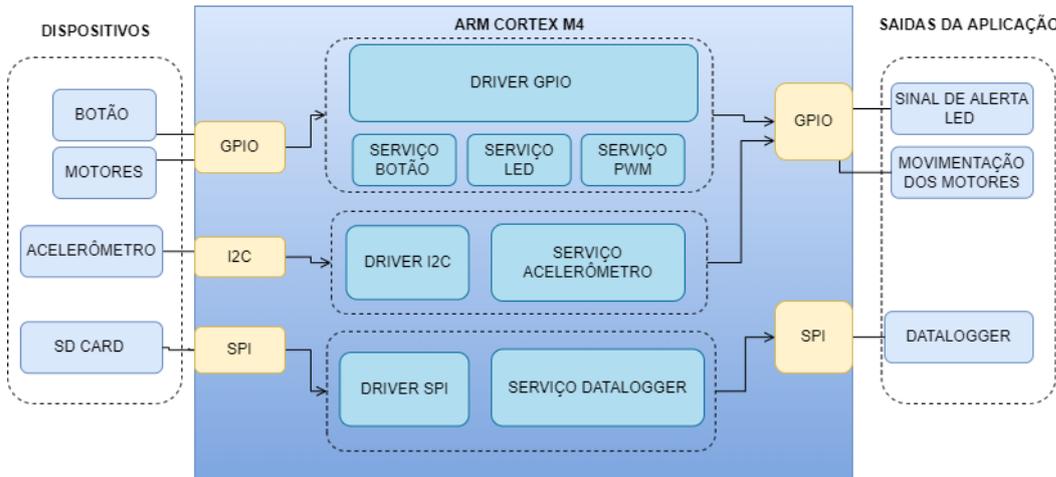


Figura 4.5: Diagrama blocos focado no microcontrolador

A figura é dividida em três partes: dispositivos, Arm Cortex M4 e Saídas da Aplicação. Em dispositivos temos os sensores utilizados. Já em Arm Cortex m4 temos as funcionalidades internas do microcontrolador, como os seus *drivers* e serviços programados. Por fim, nas saídas de aplicação temos as aplicações em funcionalidades.

Foi desenvolvido um *firmware* para um microcontrolador. Um botão é utilizado para indicar uma ação do usuário, para ligar e desligar, e dois servomotores para movimentação do dispositivo. Foram utilizados GPIOs do microcontrolador para realizar essa interface. O acionamento de cada motor é executado por um *driver* GPIO. O mesmo *driver* é utilizado para acionamento do LED e dos motores. E para o tratamento de cada um dos três periféricos foi criado um serviço de abstração.

No caso do acelerômetro, foi utilizado o driver de I2C, uma vez que seus periféricos são I2C. Já no caso do *datalogger*, utilizamos o *driver* do SPI, para o periférico SPI. Em ambas as situações foram criados serviços para cada componente.

## 4.5 Implementação do Sistema

Para a implementação do sistema de detecção de movimentos, utilizamos a linguagem C/C++ que a plataforma Arduino utiliza em seu framework de desenvolvimento. Dessa maneira, definimos um algoritmo para que haja a detecção do movimento. A Figura 4.6 apresenta o fluxograma de funcionamento do algoritmo de detecção de movimentos. Adotamos o Filtro de Kalman para o nosso algoritmo.

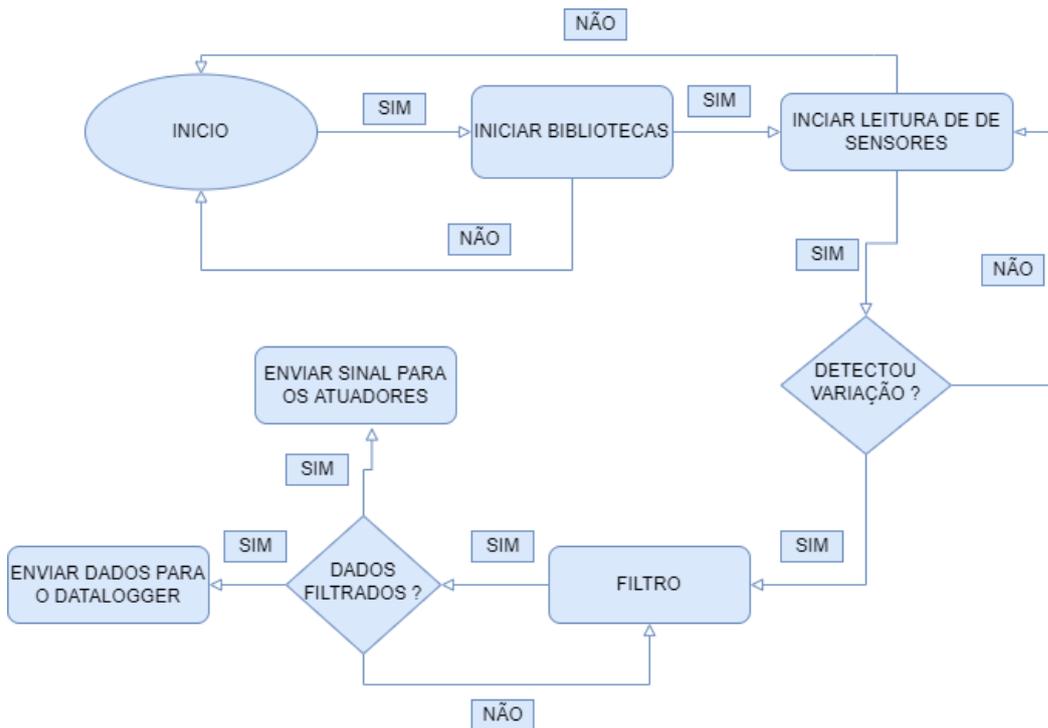


Figura 4.6: Algoritmo de detecção de movimentos

O algoritmo inicializa com as bibliotecas. Essa inicialização é responsável por habilitar o I2C, GPIO e SPI, que são as funções de comunicação entre os periféricos, e por habilitar o filtro utilizado.

Após a inicialização, são feitas as leituras em tempo real dos sensores que constituem o sistema. São utilizados um sensor MPU6050, um acelerômetro e um giroscópio para detectar as variações de vibração e filtragem de sinal, dois microservomotores para realização do movimento e um módulo SD Card para a gravação dos dados de log de cada usuário.

Durante as leituras, é verificado se foi detectada uma variação de vibração. Essa detecção é feita com base nas leituras do giroscópio, que fornecem informações sobre a posição. Quando a posição sai do ângulo 0, é possível

identificar uma variação. Caso não haja mudança, provavelmente não houve movimento.

Se for detectada uma variação, as informações captadas são filtradas para corrigir os ruídos presentes no sinal bruto do giroscópio. Isso é feito aplicando um filtro de Kalman para realizar os cálculos de filtragem do sinal.

Após a correção das variações, verifica-se se os dados foram devidamente filtrados. Caso tenham sido, as informações são enviadas tanto para os atuadores do sistema quanto para o datalogger. No caso de persistir alguma variação, o algoritmo volta ao passo anterior e repete o processo até que o sinal seja filtrado corretamente.

## 4.6

### Versão Preliminar

Nesta seção apresentamos uma versão inicial do dispositivo proposto.

Nosso objetivo com o dispositivo proposto é que ele seja utilizado como algo similar a um “cabo”. A Figura 4.7 apresenta o projeto em 3D do dispositivo. A proposta é que seja um dispositivo em que o usuário apenas encaixe o utensílio ou ferramenta que precisar utilizar.

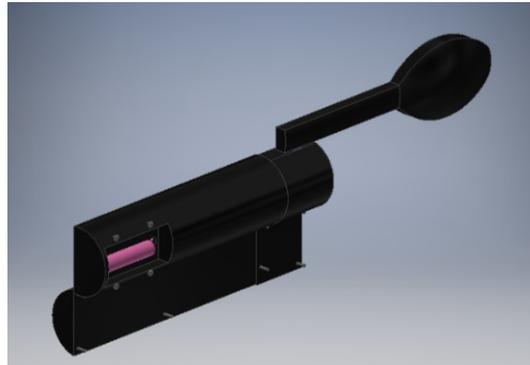


Figura 4.7: Projeto 3D do dispositivo

O dispositivo proposto é composto por três partes: a primeira, em um formato cilíndrico, está representada na Figura 4.8. Ela assemelha-se a um cabo de uma escova de cabelo elétrica, para que seja confortável para um usuário utilizar. Dentro dessa peça irá o circuito eletrônico para fazer o processamento das variações de sinais e um servomotor para conectar com outra peça.



Figura 4.8: Peça 1 - Projeto cilíndrico de cabo

A segunda peça a ser conectada, disposta na Figura 4.9, dispõe de um encaixe para um servomotor. Esta peça é conectada com o cabo de forma que uma parte visível do motor possa se conectar com a terceira peça. Sua função é auxiliar no processo de movimento da peça à qual será conectada.

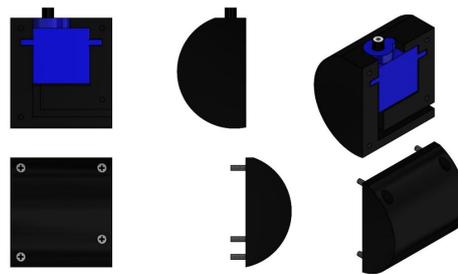


Figura 4.9: Peça 2 - Projeto conexão da peça 2

Já a terceira peça desta versão, exibida na Figura 4.10, é um talher, utilizado nos estudos com usuários. Para os estudos, utilizamos uma colher para ser acoplada à peça 2.

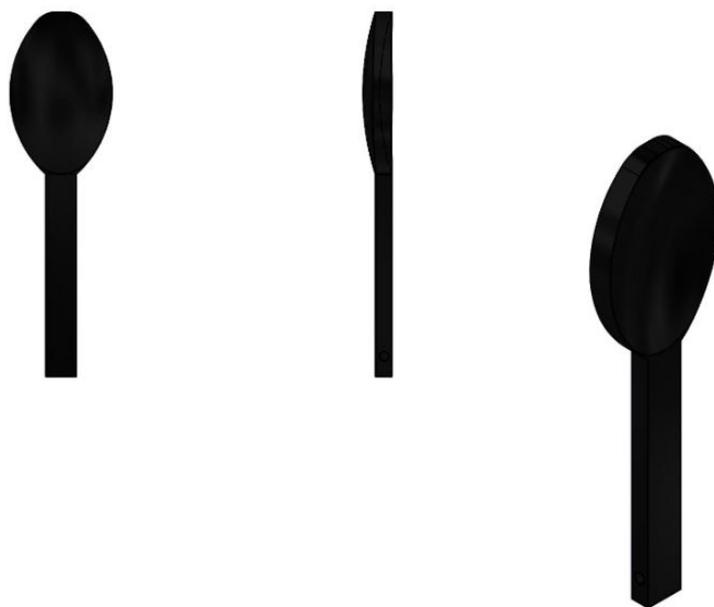


Figura 4.10: Peça 3 - Projeto de colher

Por fim, temos na Figura 4.11 uma visão explodida do projeto 3D, com todas peças envolvidas.

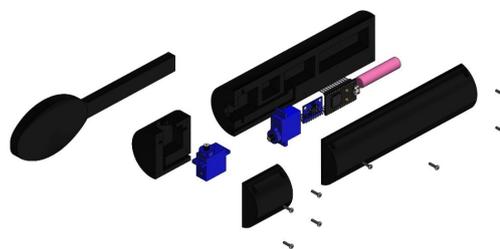


Figura 4.11: Vista Explodida

A nível de funcionamento e configuração, por ser um sistema embarcado, o dispositivo tem como característica a realização de funções específicas previamente programadas (Barros e Cavalcante, 2010). No que concerne suas funcionalidades, podemos destacar que a versão já fazia a leitura do giroscópio e as informações eram processadas pelo microcontrolador e filtradas com o Filtro de Kalman para que fosse possível realizar o efeito de movimento da colher.

### 4.6.1 Protótipo

Com o objetivo de realizarmos experimentos, imprimimos o protótipo em 3D e realizamos a sua montagem para avaliar o seu desempenho. A Figura 4.12 dispõe do protótipo desenvolvido e montado.

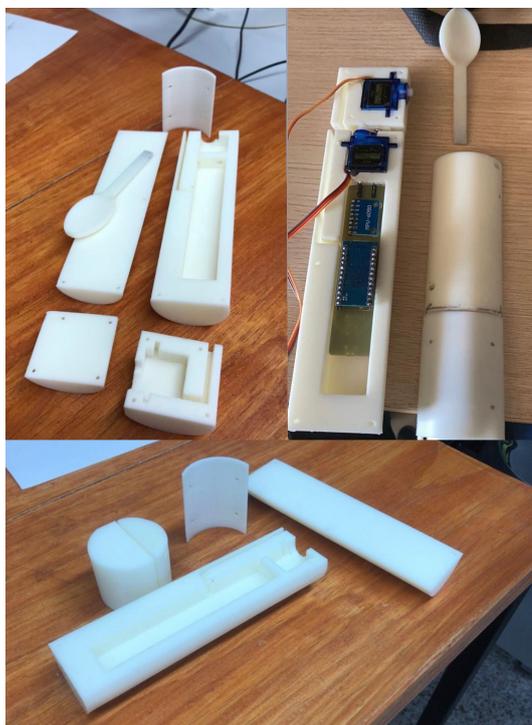


Figura 4.12: Protótipo Impresso

## 4.7 Experimentos Preliminares

A etapa de experimentos é uma das mais importantes durante o desenvolvimento de uma aplicação. Os experimentos foram realizados em laboratório para avaliar a utilização do algoritmo na aplicação proposta. O autor realizou dois tipos de testes com o sensor de posição: o primeiro utilizando o algoritmo com o Filtro de Kalman e o segundo com o sensor, utilizando somente os dados do giroscópio, para poder ter acesso aos ângulos, que eram movimentados de acordo com uma simulação de tremor.

### 4.7.1 Avaliação de Desempenho

Realizamos uma avaliação de desempenho através de testes funcionais para verificar as funções do dispositivo, tais como a detecção de padrões de movimentação, o envio de informações para o *datalogger* e a filtragem dos

ruídos. Os testes foram feitos em bancada e utilizamos o *software* da plataforma Arduino para verificar as saídas da serial e coletar os dados. A Figura 4.13 apresenta o circuito montado na bancada de teste.

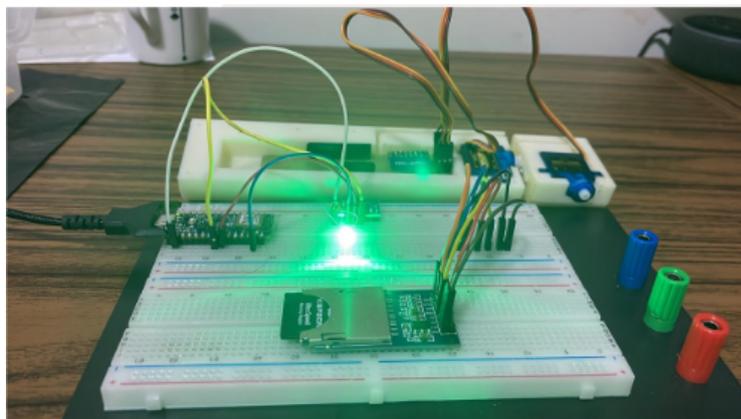


Figura 4.13: Testes de Bancada

Para a elaboração dos testes, foram projetados dois cenários, através dos quais pudemos avaliar o desempenho do dispositivo e fazer algumas comparações de desempenho.

– Os cenários são:

**Cenário 1:** Manuseio de Talher

**Descrição do Cenário:** O ator deve manusear o dispositivo como se fosse um talher, em uma atividade de comer.

**Cenário 2:** Manuseio de Pente

**Descrição do Cenário:** O ator deve manusear o dispositivo como se fosse um pente, em uma atividade de pentear o cabelo.

**Teste do Cenário 1:** Neste teste, verificamos a situação onde o usuário sem Parkinson simula o tremor e realiza a atividade de manusear um talher, realizando a tentativa de alimentar-se, levando a colher em direção da boca. Durante o teste, foram verificados problemas de padrão de informação, pois os sinais capturados pelo giroscópio apresentaram ruídos. A Figura 4.14 apresenta a leitura do Giroscópio com ruídos na detecção.

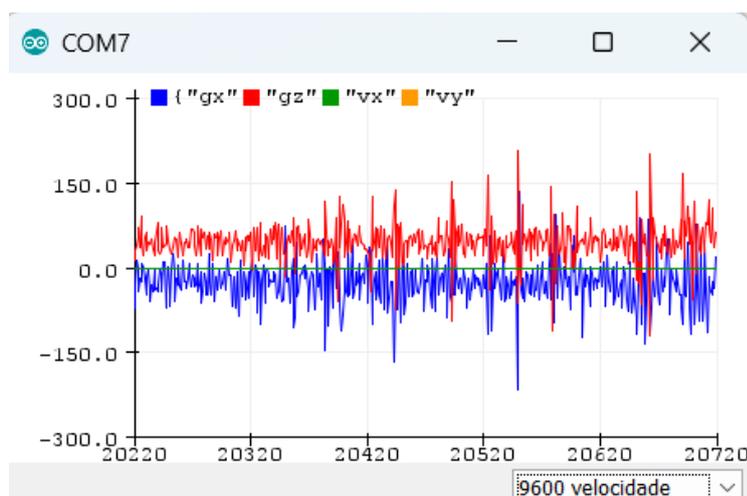


Figura 4.14: Cenário 1: Testes de Bancada - Saída sem Filtro com a Leitura do Giroscópio

A Figura 4.15 apresenta um dos testes realizados na condição de manuseio de uma colher, na qual a atividade consistia em levar a colher até a boca. Nesta situação, inicialmente o dispositivo está parado, e quando é levado à boca, podemos notar a variação para o eixo Y positivo; e quando o dispositivo, volta para a tigela, podemos perceber que o eixo muda para o eixo Y negativo. Neste caso, já estamos aplicando o algoritmo com o Filtro de Kalman.

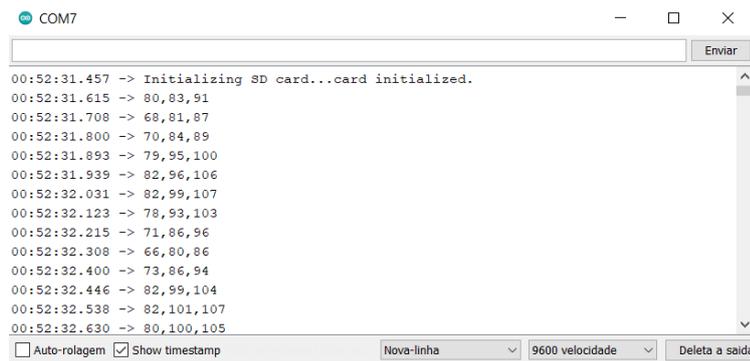


Figura 4.15: Cenário 1: Testes de Bancada -Reconhecimento de Padrões

Na Figura 4.15, com o sinal filtrado, podemos perceber a variação nos movimentos que foram realizados pelo usuário: os movimentos de levar o talher até a boca e retomar para o pote.

Nesta situação, a ação envolvida foi que, no eixo Y, ao ficar abaixo de 0, é realizado o movimento de deixar a colher no pote. Já o percurso de subida no gráfico significa o movimento que o usuário está fazendo com a mão para direcionar do pote para a boca.

A Figura 4.16 apresenta os dados coletados em um dos testes realizados na condição de manuseio de uma colher. Neste caso estamos já aplicando captura de informações para o *datalogger*. Para essa situação, estamos coletando os dados do giroscópio ( $x$ ,  $y$  e  $z$ ) a cada milissegundo, para evitar ao máximo perdas de informação.



```

COM7
00:52:31.457 -> Initializing SD card...card initialized.
00:52:31.615 -> 80,83,91
00:52:31.708 -> 68,81,87
00:52:31.800 -> 70,84,89
00:52:31.893 -> 79,95,100
00:52:31.939 -> 82,96,106
00:52:32.031 -> 82,99,107
00:52:32.123 -> 78,93,103
00:52:32.215 -> 71,86,96
00:52:32.308 -> 66,80,86
00:52:32.400 -> 73,86,94
00:52:32.446 -> 82,99,104
00:52:32.538 -> 82,101,107
00:52:32.630 -> 80,100,105
  
```

Figura 4.16: Cenário 1: Testes de Bancada - *datalogger*

Ao inicializar o módulo SD card, que é o componente responsável por capturar os dados e gravar no *datalogger*, caso acontecesse alguma anomalia, teríamos uma mensagem de report para reiniciar o software. Como a figura ilustra um caso sem anomalia, vemos a mensagem “card initialized”.

Teste do Cenário 2: Neste teste, verificamos a situação em que o usuário sem Parkinson simula um tremor e realiza a atividade de manusear um pente. Durante o teste, notamos a mudança no gráfico, tanto pela tarefa ser diferente da anterior, quanto também pelas oscilações de movimento.

A Figura 4.17 apresenta um dos testes realizados na condição de manuseio de um pente: o usuário direcionava o pente até seu cabelo e o penteava. Nesta situação, inicialmente o dispositivo está parado, e quando é levado a altura da cabeça, podemos notar a variação no o eixo Y positivo, para o eixo Y negativo; isso por conta do movimento de pentear. Neste caso estamos já aplicando o algoritmo com o Filtro de Kalman.



Figura 4.17: Cenário 2: Testes de Bancada - Reconhecimento de movimento de Pentear

Neste caso, também é possível perceber um padrão de movimento no decorrer da utilização do dispositivo, lembrando que o algoritmo detecta a variação e os dados nesse momento já foram filtrados.

A Figura 4.18 apresenta um dos testes realizados na condição de manuseio de um pente. Neste caso já estamos capturando informações para o *datalogger*.

```

COM7
00:52:31.457 -> Initializing SD card...card initialized.
00:52:31.615 -> 80,83,91
00:52:31.708 -> 68,81,87
00:52:31.800 -> 70,84,89
00:52:31.893 -> 79,95,100
00:52:31.939 -> 82,96,106
00:52:32.031 -> 82,99,107
00:52:32.123 -> 78,93,103
00:52:32.215 -> 71,86,96
00:52:32.308 -> 66,80,86
00:52:32.400 -> 73,86,94
00:52:32.446 -> 82,99,104
00:52:32.538 -> 82,101,107
00:52:32.630 -> 80,100,105
 Auto-rolagem  Show timestamp
Nova-linha 9600 velocidade Deleta a saída
  
```

Figura 4.18: Cenário 2: Testes de Bancada - *datalogger*

Em todos os casos, as informações dos testes foram gravadas no *datalogger*.

## 4.7.2 Limitações e Oportunidades de Melhoria

Os experimentos preliminares nos ajudaram a identificar limitações no dispositivo. Dentre as principais perspectivas de melhoria a partir dos experimentos iniciais podemos destacar:

- **Tamanho:** Um dos pontos de ajuste será direcionado ao tamanho. Alguns ajustes se mostraram necessários, pois a impressão 3D de alguns

utensílios do projeto, como colher e pente ficaram maiores do que o esperado.

- **Peso:** O peso foi um ponto em destaque nas limitações encontradas nos experimentos preliminares. Nesta fase, ainda estavam sendo testados alguns componentes eletrônicos.
- **Avaliação:** Nesta fase não avaliamos com usuários com Parkinson. No entanto, para a próxima fase foi planejada uma avaliação com usuários.

Os pontos de perspectivas de melhoria se tornam novos requisitos do projeto e são reajustados para uma segunda avaliação do sistema.

Apresentamos uma versão inicial de um sistema embarcado sob a forma cilíndrica, que conta com um circuito projetado para filtragem de ruídos e movimentação de motores, e que faz a captura do *log* da interação do usuário com o dispositivo.

Apesar das limitações, tanto da avaliação, por ser usuário que não tem Parkinson simulando um tremor, quanto do dispositivo, conseguimos realizar a filtragem dos ruídos para o reconhecimento dos movimentos. Também conseguimos salvar as informações no *datalogger*, além de enviar as informações dos ângulos para os motores.

## 4.8

### Atualizações do Protótipo

Na versão preliminar, o dispositivo proposto é uma peça similar a um “cabo”. A proposta continua sendo de um dispositivo em que o usuário apenas encaixe o que for precisar utilizar, só que com uma peça a mais em caso do de escova de dentes, e o design mais ergonômico, de acordo com Borghi e Mejia (2016). A Figura 4.19 apresenta a nova proposta de dispositivo.



Figura 4.19: Projeto 3D do dispositivo atualizado

A nova versão do dispositivo proposto é composta por três partes comuns, a primeira um formato cilíndrico (Figura 4.20) continua a se assemelhar com um cabo de uma escova de cabelo, mas com um design melhor para que seja

mais confortável para um usuário utilizar. Nessa segunda versão, temos os dois motores na mesma peça, e dentro desta peça entra o circuito eletrônico para fazer o processamento das variações de sinais e um servomotor para conectar com outra peça.



Figura 4.20: Peça 1 - Projeto cilíndrico de cabo atualizado

A segunda peça a ser conectada, disposta na Figura 4.21, consiste de um encaixe para conectar uma escova de dente. Esta peça é conectada com o cabo de forma que uma parte visível do motor possa se conectar com a terceira peça. Sua função é auxiliar no processo de movimento da peça que será conectada.

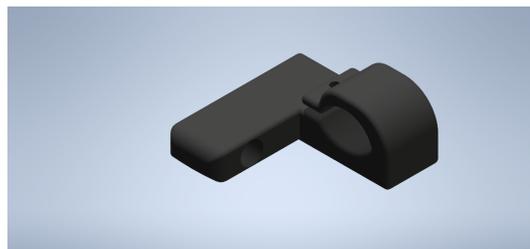


Figura 4.21: Peça 2 - Projeto conexão da peça 2

Já a terceira peça desta versão, disposta na Figura 4.22, amplia o conjunto anterior de utensílios: temos agora uma colher, um garfo e um pente de cabelo que podem ser acoplados à peça 2.



Figura 4.22: Peça 3 - Projeto de colher

O funcionamento e a configuração não sofreram alterações: o sistema embarcado continua com os objetivos de apoiar o uso de certos utensílios, com funções específicas previamente programadas. Para a incorporação de novos utensílios, mudanças via software devem ser feitas, por causa da calibração do filtro.

#### 4.8.1 Protótipo 3D

Após concluirmos a fase de projeto, avançamos para a etapa de produção, na qual realizamos a impressão do protótipo 3D do dispositivo. Utilizamos o material ABS, que é conhecido por sua resistência e durabilidade, garantindo que as peças impressas sejam robustas e adequadas para o propósito pretendido. As As Figuras 4.23 e 4.24 apresentam as impressões 3D do dispositivo.

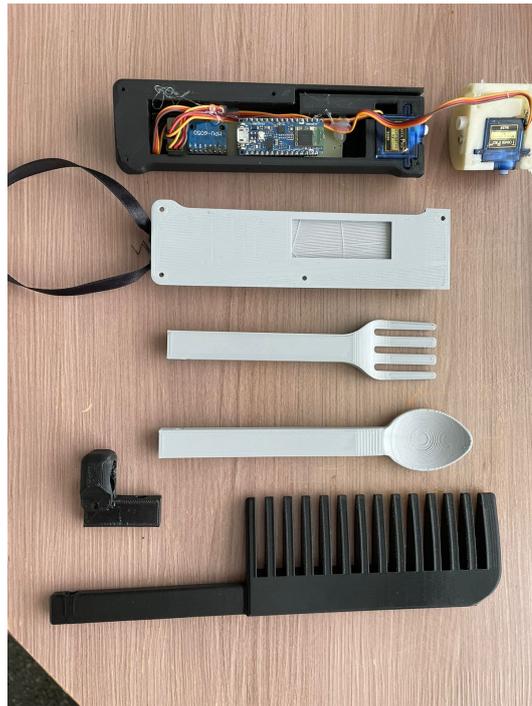


Figura 4.23: VerStick - Peças 3D



Figura 4.24: Peças Conectadas para as atividades

Com base nas especificações e design propostos, todas as peças foram impressas com sucesso. No entanto, durante o processo de avaliação e testes, identificamos a necessidade de realizar ajustes em duas peças específicas: a colher e o pente. Essas modificações foram necessárias devido a considerações de tamanho e sugestões de melhoria para garantir um desempenho mais adequado. A Figura 4.25 dispõe das peças impressas que foram corrigidas.



Figura 4.25: Peças Corrigidas

Após analisar as informações coletadas durante a fase de testes, procedemos com as alterações necessárias nas dimensões dessas peças, garantindo que elas se encaixem perfeitamente no contexto do dispositivo. Esses ajustes foram fundamentais para garantir a usabilidade adequada do protótipo e aprimorar sua funcionalidade.

A Figura 4.26 apresenta o protótipo com os ajustes já realizados.



Figura 4.26: Protótipos com as peças corrigidas

Com o protótipo 3D impresso e os ajustes realizados, foi possível prosseguir com a próxima etapa do projeto, que foi a avaliação com usuários.

## 5

### Avaliação do VerStick

Neste capítulo apresentamos o planejamento e uma explicação geral da avaliação proposta para o VerStick, incluindo seus objetivos, a definição dos participantes, considerações quanto ao contexto e cenários de teste, bem como o passo a passo para a sua execução e a entrevista após as atividades indicadas. Descrevemos ainda a execução dos testes tal como ela se desenrolou e concluímos com alguns comentários acerca das observações feitas e dos resultados obtidos.

#### 5.1

##### Fundamentação e Considerações Iniciais

Para a avaliar a interação do sistema proposto, utilizamos o modelo de teste de usabilidade, já bastante discutido na literatura (Barbosa et al., 2021; Rogers et al., 2013), e no qual podemos observar o dispositivo em uso, em tarefas nas quais ele foi projetado para ajudar.

Para que os testes ocorram, preocupações éticas foram consideradas, de acordo os aspectos pertinentes das Resoluções 466/2012 e 510/2016. O protocolo de testes foi submetido à Câmara de Ética em Pesquisa da PUC-Rio e aprovado em outubro de 2022. O Protocolo é o de número 94-2022, na proposta SGOE 442361. O projeto e o documento de aprovação encontram-se anexos a esta dissertação (Apêndice C e Apêndice D).

Logo na primeira etapa da avaliação, antes que as atividades possam ser iniciadas, os usuários são orientados sobre a pesquisa e leem e assinam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que informa sobre os riscos da avaliação, como desconforto durante a utilização do protótipo. Além disso, em virtude das lições aprendidas com a pandemia da COVID-19, são tomadas todas as providências sobre a higienização do dispositivo, uso de álcool em gel e, se necessário, máscaras.

Antes de iniciar a avaliação, os usuários poderiam ver a versão preliminar do dispositivo, como uma forma de apresentar os aspectos de mudança já implementados na versão que será avaliada. Embora eles não tivessem testado diretamente a versão preliminar, poderiam fazer comentários sobre as mudanças percebidas.

Vale ressaltar que, nesse estudo, o tremor não foi avaliado, pois existem requisitos de engenharia específicos que fogem do escopo do trabalho. A avaliação foi focada nas interações com o dispositivo.

## 5.2

### Objetivos da Avaliação

Os principais objetivos da avaliação com usuários são os seguintes:

- Analisar as interações iniciais com o dispositivo desenvolvido, buscando avaliar sua usabilidade;
- Identificar os obstáculos, pontos de melhoria, ajustes e até mesmo novos requisitos para versões futuras do projeto; e
- Ter um primeiro *feedback* sobre aceitação do dispositivo.

As perguntas a serem respondidas com o resultado da avaliação são:

- SQ1: Que tipos de problemas de interação os usuários com Parkinson têm utilizando o VerStick, e em quais atividades?
- SQ2: Como o VerStick pode apoiar a pessoas com Parkinson em atividades nas quais precisem utilizar utensílios com uma mão?

## 5.3

### Participantes

Um dos primeiros passos no planejamento da avaliação consiste no estabelecimento do perfil de usuário. Para o contexto deste trabalho, definimos algumas poucas características básicas para a procura de voluntários que se mostraram adequados para os nossos objetivos.

Em primeiro lugar, definiu-se que os testes devem ser realizados de maneira exclusiva com voluntários que tenham tremores causados pela Doença de Parkinson. Podem ser homens e/ou mulheres e possuírem diferentes idades, desde que a partir de 18 anos.

Como um último pré-requisito básico para participação na avaliação, o momento do teste deve ser a primeira vez que os voluntários estarão usando a tecnologia.

Um ponto de atenção foi que, no momento da avaliação, não foi restrita a utilização do medicamento para conter os tremores, para não causar desconforto ou problemas para os participantes. Como as doses da medicação podem fazer com que os sintomas variem ao longo do dia, não foi possível observar o efeito do uso do dispositivo no momento de manifestação dos tremores.

## 5.4 Procedimentos

De acordo com o nosso planejamento, foi estabelecido que, para a realização dos testes, deve haver pelo menos duas pessoas presentes para controlar a avaliação: uma anotando informações importantes e outra responsável por estar sempre próxima do usuário, para que seja possível realizar uma intervenção emergencial em caso de algum acidente. É esperado que cada participante realize uma sessão de teste com duração máxima de 30 minutos. Temos um duplo critério de parada, de acordo com o qual o procedimento será descontinuado no momento em que se observar que o dispositivo já realiza a função esperada ou quando o próprio usuário quiser interromper a avaliação.

Inicialmente, os participantes serão orientados sobre os objetivos do estudo e a possibilidade de desistência durante o experimento. A partir disso, o teste de avaliação seguiu a partir de um roteiro composto pelas atividades estabelecidas.

O processo de observação será realizado em ambiente controlado, nas dependências de um centro de pesquisa e desenvolvimento, sendo um local seguro para a realização dos testes. Por fim, os usuários responderão perguntas relacionadas ao dispositivo.

Sendo assim, os usuários receberão o protótipo e serão direcionados ao ambiente de avaliação. Vale ressaltar que, do início ao fim do teste, haverá um avaliador e um profissional de apoio acompanhando o participante.

Os experimentos devem ser feitos em um ambiente controlado, e cada cenário utilizado durante os testes será posteriormente estudado para avaliar possíveis situações de desconforto para os testadores, a fim de evitá-las posteriormente. Os cenários aos quais fazemos alusão aqui são descritos em detalhes na próxima seção.

Os experimentos foram divididos em quatro etapas:

- Explicações: Os avaliadores explicarão o objetivo do projeto e da avaliação que será feita. Além disso, será solicitado aos participantes que leiam e, caso concordem, assinem o termo de consentimento livre e esclarecido;
- Entrevista pré-teste: Os participantes responderão perguntas sobre seu cotidiano.
- Observação: Os avaliadores acompanharão os usuários e anotarão suas percepções;
- Entrevista pós-teste: Os participantes responderão perguntas e darão *feedbacks* sobre a tecnologia.

Os roteiros de entrevista estão disponíveis no Apêndice B.

Durante os testes, os usuários deverão conectar o protótipo no pulso através de uma pulseira de velcro. Os testes acontecerão em quatro cenários: (i) situação em que o usuário pega o dispositivo; (ii) situação em que o usuário precisa usar o talher; (iii) situação em que o usuário precisa escovar os dentes; e (iv) situação em que o usuário precisar pentear o cabelo. Além disso, será observado como o usuário conecta o dispositivo em seu pulso no início da avaliação, a fim de observar o quão fácil é o primeiro uso do dispositivo, e se este é conectado de forma simples ou se impõe dificuldades.

## 5.5

### Entrevista Pré-Teste

Os usuários serão submetidos a uma entrevista pré-teste, quando eles poderão comentar sobre o seu dia a dia, atividades e dificuldades. O objetivo desta entrevista é, além de identificar possíveis novos desafios, entender a realidade de cada usuário e sobretudo responder às seguintes perguntas:

- Você sabe a sua classificação de Parkinson?
- Como são os efeitos do Parkinson em seu dia a dia? E como você está se sentindo no momento?
- Você enfrenta obstáculos durante a realização de atividades em seu cotidiano?
- Quais são os obstáculos e em quais atividades?
- De que maneira cada um desses obstáculos interfere nas suas atividades? E o quanto interfere?
- Qual estratégia você usa para superar esses obstáculos ? E como você avalia essa estratégia? (O quanto ela ajuda a superar e quais obstáculos permanecem?)
- Você tem algum outro comentário sobre seu dia a dia com a Doença de Parkinson?

## 5.6

### Cenários

Como indicado, esta seção é dedicada a um detalhamento dos cenários utilizados no ambiente controlado da avaliação. São os seguintes:

- **Cenário 1:** Conectar o dispositivo no pulso
- **Descrição do Cenário:** O ator deve manusear o dispositivo de forma a fixar a pulseira de velcro no pulso para poder utilizar o dispositivo com segurança.
- **Tarefas:**
  - T1 - Usuário deve encaixar o velcro de maneira de ajuste em seu pulso
  - T2 - Usuário deve ligar o dispositivo
  
- **Cenário 2:** Manuseio de Talher
- **Descrição do Cenário:** O ator deve manusear o dispositivo como se fosse um talher, no qual sua atividade é comer.
- **Tarefas :**
  - T1 - Usuário deve encaixar o utensílio de talher para utilização
  - T2 - Usuário deve realizar a utilização do dispositivo como um talher
  
- **Cenário 3:** Manuseio de Pente
- **Descrição do Cenário:** O ator deve manusear o dispositivo como se fosse um pente no qual sua atividade é pentear o cabelo.
- **Tarefas :**
  - T1 - Usuário deve encaixar o molde de pente
  - T2 - Usuário deve pentear o cabelo com o utensílio
  
- **Cenário 4:** Manuseio de Escova de Dente
- **Descrição do Cenário:** O ator deve manusear o dispositivo como se fosse sua escova de dente.
- **Tarefas :**
  - T1 - Usuário deve encaixar a peça de suporte para escova de dente
  - T2 - Usuário deve encaixar a escova de dente no suporte
  - T3 - Usuário deve simular a escovação de dentes

**Observação:** Neste caso serão utilizadas escovas de dente novas a cada sessão de avaliação, e as escovas depois ficarão com os participantes do estudo.

Os cenários também seguirão um roteiro para avaliação e cada teste será repetido cinco vezes com todos os usuários para verificar a funcionalidade do sistema.

## 5.7

### Entrevista Pós-teste

Após a observação, os usuários serão submetidos a uma entrevista pós-teste, quando eles poderão expressar livremente suas opiniões acerca da tecnologia desenvolvida. O objetivo desta entrevista é identificar algum eventual problema com o dispositivo ou necessidade de ajuste, respondendo às seguintes perguntas:

- O que achou do dispositivo?
- Em uma escala de 1 a 5, onde 1 é Muito Ruim e 5 Muito Bom, qual foi o seu grau de conforto ao utilizar o dispositivo?
- O que achou da forma do dispositivo?
- Quais dificuldades teve para utilizar o dispositivo?
- Quais foram pontos positivos?
- Quais foram pontos negativos?
- Em qual tarefa você sentiu mais dificuldade?
- Em quais tarefas e em que situações você se vê utilizando o dispositivo?
- Como você acha que o dispositivo poderia contribuir para sua vida?
- O que precisaria mudar nesse dispositivo para você adotá-lo no seu dia-a-dia?
- Para quais atividades você utilizaria esse dispositivo no seu cotidiano?
- Você tem algum outro comentário ou sugestão de melhoria?

Durante a sessão, o avaliador responsável deverá ser atento aos seguintes tópicos de observação:

- O usuário aparentemente está confortável com a tecnologia?
- Quais as maiores dificuldades percebidas?
- Quais foram pontos positivos?
- Quais foram pontos negativos?

- Em qual tarefa o usuário teve maior dificuldade?
- Em geral, os usuários conseguiram realizar as tarefas?

Após a realização dos experimentos será feita a consolidação da avaliação de IHC, na qual será realizada uma triangulação dos dados coletados pelo sistema; observações do avaliador; *feedback* espontâneo do usuário; repostas do usuário na entrevista pós-teste.

## 5.8 Execução

Antes de avaliar com os usuários, realizamos um teste piloto para observar o desenvolvimento das tarefas nos cenários e determinar o tempo médio de uma sessão de avaliação. A avaliação durou 25 minutos, o que estava dentro do esperado. No entanto, foi preciso solicitar uma nova impressão de algumas peças, pois estavam com um tamanho maior do que o esperado. Como o foco não era avaliar o tremor, mas sim a usabilidade do dispositivo, foi necessário fazer uma nova impressão das peças colher e pente. Em seguida, continuamos com a realização da avaliação.

A avaliação ocorreu em ambiente controlado, nas dependências de um centro de pesquisa já conhecido pelos usuários. Os usuários concluíram a avaliação em média em 27 minutos e notou-se que eles apresentaram algumas dificuldades iniciais para a utilização da tecnologia. Ao iniciar, os participantes fizeram interrupções para saber qual era o momento certo de iniciar o teste.

Ao total foram 5 usuários, sendo três homens e duas mulheres, com idades de 50 a 62 anos. Todos os participantes têm doença de Parkinson, o grau de cada um era diferente, mas esse fator não é motivo de impedimento da pesquisa.

Primeiramente os usuários passaram pela entrevista pré-teste, para podermos identificar os perfis e necessidades de seu cotidiano. Em seguida, utilizaram o dispositivo para realizar as tarefas solicitadas, durante as quais eles eram livres para fazer comentários espontâneos e, caso se sentissem cansados, pedir para parar o teste.

Após utilizarem o dispositivo, os usuários relataram em uma entrevista pós-teste seu *feedback* sobre o uso do protótipo, além disso o observador ficou atento as percepções dos usuários e as interações com o dispositivo. Para poder fazer as anotações sobre as dificuldades encontradas nas tarefas a serem executadas durante a avaliação

## 5.9

### Resultados da Avaliação

Todos os participantes conseguiram concluir as tarefas apresentadas na avaliação. De forma geral, os participantes tiveram mais dúvidas com relação ao encaixe das peças e a ordem de atividades.

#### 5.9.1

##### Entrevista pré-teste

Após as explicações, os participantes foram submetidos a uma entrevista pré-teste, na qual podemos identificar os problemas do cotidiano, e como eles contornavam e/ou enfrentavam as situações.

Ao serem indagados sobre o grau da doença de Parkinson, percebeu-se que eles não sabiam, e geralmente respondiam com os sintomas e condições da doença de Parkinson. Separamos alguns comentários feitos pelos próprios participantes:

- P1: *"Minhas duas mãos tremem muito"*
- P2: *"Minhas mãos tremem"*
- P3: *"Uma mão treme muito, e isso me incomoda"*
- P4: *"Minha mão direita treme mais que a esquerda"*

Já com relação às dificuldades enfrentadas em seu cotidiano e a qual situação era mais desconfortável, foram mais específicos. No entanto, percebemos um problema em comum em todos os casos: o tremor nas mãos, que foi citado por todos eles; mas cada um tinha uma especificidade, como podemos conferir com os seus comentários:

- P1: *"O tremido atrapalha mais. Às vezes conseguir ficar com as coisas nas mãos porque caem é ruim"*
- P2: *"Tremor das mãos, o comer fica desconfortável. Se sujar com comida não é bom"*
- P3: *"Minha mão que treme demais, aí eu tenho mais dificuldade em utilizar ela. O controle de pegar as coisas as vezes dificulta"*
- P4: *"Eu tento não utilizar a mão que treme mais para algumas atividades, como comer quando eu uso uma colher, quando vou usar talher aí não tenho opção. As vezes derramo comida em mim ou na mesa, fica uma "zona" "*
- P5: *"Por tremer pouco, às vezes quando descuido cai algo da minha mão. O segurar é mais chato em algumas situações."*

Sobre as estratégias utilizadas para contornar os sintomas da doença, em todos os casos, relataram o uso de medicamentos para ter controle da situação. Conferindo os relatos dos participantes temos:

- P1: *"Tomando remédio ajuda, pois os sintomas são amenizados"*
- P2: *"Tomando remédio ajuda"*
- P3: *"O medicamento me ajuda a ter uma vida normal"*
- P4: *"Minha esposa me lembra sempre do remédio, que ajuda bastante"*
- P5: *"Estou iniciando um tratamento para contornar esses problemas"*

### 5.9.2

#### Avaliação Por Observação

Os usuários conseguiram realizar as atividades dos cenários propostos. Alguns tiveram um pouco mais de dificuldade mas, à medida que estavam se familiarizando com o protótipo, eles passaram a confiar no dispositivo. Os participantes da avaliação fizeram críticas relacionadas ao protótipo avaliado e destacamos que suas contribuições foram importantes para os avanços da pesquisa.

Em nenhum dos quatro cenários propostos houve uma intervenção de parada total, todos seguiram até o final da avaliação. Em alguns momentos da avaliação, as dúvidas que houve eram se estavam fazendo correto, ou se já poderiam iniciar o teste.

Notou-se uma dificuldade maior por parte dos usuários nos cenários 2 e 4. No cenário 2, referente ao manuseio do talher, as dificuldades foram no encaixe das peças. Como o encaixe é na lateral, os usuários tiveram dificuldade de encaixar, que era a tarefa 1 do cenário proposto. Já com relação à tarefa 2 do mesmo cenário, o problema foi a forma de utilizar, pois o utensílio estava na lateral e não no centro, o que é mais comum de se encontrar. O cenário 4 foi o cenário em que houve mais dificuldade por todos os usuários, especificamente nas tarefas 1 e 2. Além das dificuldades com o encaixe, cada usuário tentou encaixar a escova de uma forma. Outro problema ocorreu ao pressionar a peça para a escova ficar bem encaixada. Entretanto, os cenários 1 e 3 não apresentaram problemas com relação a dificuldades para o uso. As dúvidas eram sobre se/quando poderiam iniciar a avaliação. A Figura 5.1 ilustra dois momentos da avaliação.



Figura 5.1: Avaliação do VerStick

Observamos que, à medida que os usuários iriam realizando as tarefas e iam aprendendo a utilizar o VerStick, eles passavam a confiar mais no protótipo. Isso é um fator importante, pois os participantes passaram a confiar mais na eficiência da tecnologia. Ao final da avaliação, os participantes deram *feedback* considerando as dificuldades de uso, estrutura e funções ou sugestões de melhorias.

De maneira geral, os participantes gostaram da ideia e fizeram comentários gerais sobre o protótipo. Alguns fizeram comentários sobre atualizações já feitas de uma sessão para outra, enquanto outros já falaram sobre o primeiro contato com o projeto. Os relatos que reforçam esse ponto da avaliação foram: P1: *"A ideia está boa, você já fez a mudança no tamanho do pente, mas ainda precisa melhorar um pouco"*; P2: *"Muito interessante! Já atualizaram o projeto e acho que tem grande potencial"*; P3: *"A ideia está legal, mas o produto ainda vai passar por ajustes, eu compraria em um futuro quando tiver bem bom pra utilizar"*; P4: *"Boa, com alguns ajustes acredito que pode ficar melhor"*; P5: *"Gostei, quero participar de outros momentos, o projeto de vocês pode ajudar muita gente."*

Em relação à usabilidade, as dificuldades apresentadas pelos usuários foram relacionadas ao tamanho de algumas peças, como o pente, que estava pequeno. Alguns usuários comentaram sobre repetir várias vezes o movimento para poder pentear o cabelo, a ordem de encaixe de algumas peças, e o "pegar", por conta do diâmetro do VerStick, cansava um pouco. Os relatos dos participantes reforçam esse ponto aprendido com a avaliação: P1: *"O pente eu usei, mas agora como tá pequeno eu tenho que usar ele várias vezes para pentear o meu cabelo"*; P2: *"Os encaixes, acho que devia ser algo mais simples, já pensou em fazer um encaixe tipo aqueles de pulseira ajustável? Para ser*

*mais firme"*; P3: *"O encaixe da escova foi o mais difícil, por que tinha que fixar a escova, o do pente eu achei mais fraquinho"*; P4: *"Acho que o "pegar" cansa um pouco, porque tá grande, outra coisa é esse encaixe auxiliar para encaixar as outras peças, parece que vai soltar"*; P5: *"Ainda preciso me adaptar com o tamanho, pro pente e escova de dente ainda foi bem pra utilizar, mas pra comer ainda ficou um talher grande porque são 3 peças encaixadas"*.

Os *feedbacks* relacionados à estrutura do dispositivo foram direcionados ao tamanho do protótipo (quando todas peças ficaram conectadas, o tamanho foi considerado grande pelos usuários); à localização de algumas peças (por exemplo a colher, por estar na lateral em vez de no meio); e o peso. Vale ressaltar que avaliamos um protótipo e não um produto, e as críticas dos usuários nos ajudam a propor uma tecnologia mais compacta e leve. Os comentários dos participantes que reforçam esse ponto foram: P1: *"O pente ainda não tá muito bom, mas já tá melhorando, só tá um pouco pequeno, mas funciona, o encaixe dele que acho que deve ficar melhor, a parte da escova continua legal, eu achei legal que a colher mudou de tamanho também"*; P2: *"O projeto tá bem legal com as mudanças, mas acho que pode melhorar, tá pesado ainda, não tem como diminuir o peso? substituir esse material?"*; P3: *"Acho que pode ficar menor e mais leve, mesmo com a pulseira pra evitar que caia, o que é uma boa ideia, mas ainda é algo grande no geral, a ideia fixar as peças eu achei legal, porque é um encaixe e pode me ajudar"*; P4: *"Está pesado e achei o pente um pouco pequeno"*; P5: *"Achei muito grande, a ideia do projeto é legal, mas já pensaram em mudar a posição das peças, e se fosse um encaixe no meio, se a pecinha de encaixar fosse junta logo com a a parte que a gente pega?"*.

Com relação a outras oportunidades de melhoria, aprendemos com os participantes que podemos encaixar outras funções ao nosso protótipo, de forma que possam beneficiar os usuários em outras tarefas. Por exemplo, P3 disse: *"esse encaixe de escova, pode servir para outras coisas, inclusive para talheres comuns do dia a dia"*.

Como lições aprendidas, foi possível perceber que, no contexto e utilização, as dificuldades encontradas pelos usuários requerem algumas melhorias em aspectos relacionados diretamente à forma física do dispositivo. Outro fator que percebemos foi um pouco de incômodo com relação ao peso do dispositivo.

Ainda explorando as observações, no processo de alimentação não foram identificados problemas com o "cair" comida da colher. Porém, não é possível fazer nenhuma afirmação sobre a relação direta com o uso da colher, pois os usuários estavam com os sintomas da doença controlados pelas suas medicações. Podemos falar que os aspectos relacionados ao conforto do usuário foram

identificados de acordo com o tempo de utilização. Os participantes sentiram-se mais à vontade quando já estavam mais familiarizados com tecnologia.

## 5.10

### Conclusões da Avaliação

Através das observações feitas durante as sessões e a dos resultados, podemos responder às subquestões de pesquisa levantadas:

#### **SQ1: Que tipos de problemas de interação os usuários com Parkinson tiveram utilizando o VerStick, e em quais atividades?**

Durante o processo de avaliação, os usuários foram submetidos a quatro cenários distintos, nos quais realizaram um total de nove atividades específicas. Ao longo dessa avaliação, observaram-se algumas dificuldades enfrentadas pelos usuários, com destaque para a montagem das peças e a sequência correta de encaixe necessária para utilizar o VerStick. Além disso, foram identificadas repetições de movimentos e desafios relacionados à localização das peças no protótipo. Esses resultados ressaltam a importância de aprimorar a usabilidade e a eficiência dessas interações, visando a melhoria da experiência do usuário.

Após a avaliação, os usuários relataram os pontos positivos e negativos do VerStick, e obtivemos mais informações sobre os problemas de interação que já tinham sido identificados pela avaliação por observação. Podemos confirmar com os comentários a respeito do assunto: P1: *"Os encaixes foram mais difíceis"*; P2: *"A minha maior dificuldade foi encaixar a peça pra por a escova de dentes"*; P3: *"A forma de comer, porque o talher não está no meio"*; P4: *"Acho que encaixar as coisas às vezes eu confundia"*; P5: *"Não foi dificuldade, mas mais cansaço, porque o pente tá pequeno e tive que repetir mais vezes"*.

#### **SQ2: Como o VerStick pode apoiar a pessoas com Parkinson em atividades nas quais precisem utilizar utensílios com uma mão?**

O VerStick, como uma proposta de Tecnologia Assistiva, foi avaliado por pessoas com Parkinson em suas atividades diárias. Durante a observação, foram avaliadas três atividades abordadas pelo projeto: alimentar-se, pentear e escovar os dentes. Foi observado que a versatilidade oferecida por um único dispositivo, o VerStick, foi um diferencial para os usuários.

Essa capacidade de atender a múltiplas necessidades por meio de um único recurso demonstrou ser uma característica valiosa e promissora do VerStick, ampliando assim suas possibilidades de beneficiar e facilitar a vida das pessoas com Parkinson. Podemos citar os relatos dos usuários que nos ajudam a confirmar os pontos abordados: P1: *"Destaco a cordinha porque às vezes a mão treme e pode deixar a cair as coisas, vai ajudar muito"*; P3: *"Esse*

*encaixe de escova pode servir para outras coisas, inclusive para talheres comuns do dia a dia"* P4: *"Essa forma de ajudar a não derrubar, já ajuda muito, a colher também por que ai eu já fico menos preocupado com o sujar"*; P5: *"A versatilidade do projeto eu destaco como um ponto legal, porque você vai ter mais de uma função em um protótipo só"*.

Outro ponto que a avaliação proporcionou foi a verificação dos requisitos do projeto. Destacamos principalmente o RNF01, que diz respeito a facilidade de uso: ele foi atendido parcialmente, pois durante a avaliação identificamos pontos necessários para a correção. Outro requisito que precisa ser explorado é RF04, que requer indicar quando está ligado. Nesta fase de estudo, isso não foi implementado.

A avaliação realizada proporcionou *insights* valiosos para aprimorar o trabalho como um todo, com ênfase especial na usabilidade e na estrutura do protótipo. É importante ressaltar que o dispositivo em questão é um protótipo, e a avaliação visou justamente a analisar as interações entre o usuário e o protótipo. Essa abordagem permite identificar pontos de melhoria e aperfeiçoamento, considerando tanto a experiência do usuário quanto as características técnicas e funcionais do dispositivo. Os resultados obtidos por meio dessa avaliação oferecem uma direção para orientar futuras iterações e refinamentos do projeto, visando a oferecer uma solução mais eficiente, acessível e adaptada às necessidades dos usuários.

## 6

### Conclusões

Pessoas com doença de Parkinson vivenciam diariamente diversos problemas em seu cotidiano, tais como comer, por conta de tremores. Tomar a medicação em muitos casos ajuda. Outra possibilidade é a utilização de tecnologias assistivas para a promoção de acessibilidade durante a realização das atividades que anteriormente não eram possíveis ou que requerem um esforço maior. Apresentamos uma versão de um dispositivo que é versátil e poderá auxiliar na realização de pelo menos três atividades no decorrer do dia de cada participante. A ideia é inovar, trazendo a versatilidade em um único dispositivo, podendo assim realizar atividades, como comer, pentear cabelos e escovar os dentes.

Posto isso, em nossa pesquisa, realizamos testes com usuários com níveis diferentes da doença de Parkinson. O ambiente de teste foi um cenário controlado, no qual os participantes conheciam o local de teste. Os participantes apresentaram uma evolução ao decorrer da utilização, seguindo as definições estabelecidas com todas as preocupações éticas. A avaliação de interação, embora limitada em sua quantidade de atividades, foi um momento importante, pois foi possível identificar problemas ligados à usabilidade, estrutura e evolução do projeto, relatados pelos participantes da avaliação. Dessas observações notadas pelos usuários, podemos mencionar problemas encontrados no tamanho do dispositivo como um todo, peso e estrutura, dentre outros pontos de melhorias.

Os problemas encontrados estão relacionados à ergonomia, visto que o dispositivo é caracterizado como uma interface, já que qualquer parte envolvida entre a interação humana e o sistema de trabalho constitui-se em uma interface Vidal et al. (2000). No entanto, é necessário adaptá-la às demandas e condições dos usuários, satisfazendo critérios como conforto, eficiência e segurança. Há outros aspectos que podem ser abordados relacionados à ergonomia sobre o experimento, como a questão do formato do objeto, da adequação do dispositivo à movimentos, ao tipo de atividade que o dispositivo poderia abranger, entre outros.

## 6.1

### Principais Contribuições

Dentre as contribuições significativas do presente trabalho destaca-se o desenvolvimento do dispositivo em si. Mesmo com as limitações encontradas na avaliação, o VerStick se configura como uma Tecnologia Assistiva capaz de auxiliar os usuários com Parkinson na realização de três atividades do seu cotidiano. Essas atividades, anteriormente executadas com maior dificuldade, poderão ser facilitadas com o auxílio do dispositivo, proporcionando maior independência e qualidade de vida para os usuários. Essa contribuição é importante, uma vez que busca promover a inclusão e a autonomia das pessoas com Parkinson, permitindo que elas realizem as atividades de forma mais confortável e eficiente.

Uma outra contribuição relevante diz respeito às funcionalidades específicas do VerStick, que atualmente foi projetado para atender a três atividades distintas: comer, escovar os dentes e pentear. O diferencial desse dispositivo reside na combinação do apoio a essas três atividades em uma única ferramenta, caracterizada pela versatilidade de sua interface. Essa abordagem permite que cada usuário adapte a ferramenta de acordo com suas necessidades específicas em diferentes situações. Essa flexibilidade de personalização garante uma maior autonomia e empoderamento dos usuários, possibilitando que eles realizem as atividades diárias com maior facilidade e independência. Assim, o VerStick se destaca como uma solução inovadora que se destaca por sua versatilidade.

Além disso, destacamos as contribuições de lições aprendidas no processo de avaliação com os usuários, que permitiu identificar recomendações no processo de desenvolvimento de tecnologias similares em duas categorias: design e avaliação

Na categoria de Design, destacamos:

- **Recomendação 1:** Ao desenvolver tecnologias similares, o fator peso deve ser considerado, uma vez que os usuários estão acostumados com dispositivos/utensílios leves. Isso pode tornar o dispositivo mais portátil e confortável de usar.
- **Recomendação 2:** Avaliar o tamanho do dispositivo para atender as necessidades dos usuários é essencial, pois além de auxiliar em atividades o dispositivo deve ser algo discreto para facilitar sua integração nas atividades diárias.
- **Recomendação 3:** Para melhorar a eficácia desses dispositivos, é importante que eles sejam projetados com interfaces físicas simplificadas

e de fácil utilização, incorporando encaixes intuitivos que permitam aos usuários uma interação natural e descomplicada.

Já para a categoria de Avaliação desses dispositivos, as recomendações foram:

- **Recomendação 1:** Avaliações contínuas: com o objetivo de identificar problemas, avaliações com usuários podem incentivar a equipe de desenvolvimento a coletar feedback regularmente e fazer ajustes com base nas necessidades e nas experiências reais dos usuários.
- **Recomendação 2:** Os cuidados ao relatar os problemas identificados pelos usuários: uma investigação guiada por evidências e aprofundada dos problemas ocorridos nos permite melhorar o design desses dispositivos.
- **Recomendação 3:** A colaboração de Profissionais da Saúde para participarem durante o processo de ideação e avaliação em aspectos relacionados à usabilidade de tecnologias assistivas. Isso permite que eles vejam o valor prático da pesquisa, além de entenderem melhor as demandas dos usuários e atuarem como importante fonte de informação.

Por fim, outra contribuição está no desenvolvimento interdisciplinar, estabelecendo conexões entre os conceitos de usabilidade, acessibilidade, tecnologias assistivas e sistemas embarcados. Ao integrar essas áreas de conhecimento no desenvolvimento de uma interface de hardware e considerar as interações dos usuários, fica evidente que as tomadas de decisões desempenham um papel fundamental na concepção do conceito de usabilidade. Essa abordagem interdisciplinar permite explorar novas possibilidades e otimizar a experiência do usuário ao projetar soluções que sejam acessíveis, intuitivas e eficientes. Portanto, ao reconhecer a interdependência entre a acessibilidade, tecnologia assistiva e os sistemas embarcados, podemos impulsionar a inovação tecnológica e promover avanços significativos na concepção de interfaces de hardware de qualidade.

## 6.2 Trabalhos Futuros

Uma limitação do nosso trabalho consiste em a avaliação ter sido realizada com poucos participantes. E alguns pontos específicos de hardware precisam ser maturados. Como trabalhos futuros, pretendemos realizar novos estudos com um número maior de participantes para, além de fazer uma análise qualitativa, também possibilitar análises estatísticas.

Além disso, considerando os pontos de melhoria e as questões levantadas em nossa avaliação, destacamos alguns comentários dos participantes quando foram perguntados na entrevista pós-teste sobre o que precisaria mudar para que eles utilizassem em seu dia a dia: P1: *"Diminuir o peso e tamanho dessa parte de pegar"*; P2: *"O peso, porque o dispositivo está pesado ainda"*; P3: *"Acredito que mudar o material porque ainda está pesado"*; P4: *"Peso, e o tamanho do cabo, acho que até mesmo nem precisaria daquela peça do meio, não daria para juntar em algo só não ?"*; P5: *"O peso e acho que a localização que as peças ficam, pois ainda é meio estranho não está no centro e sim na lateral, acho que isso deve mudar"*

Contudo, a avaliação realizada foi fundamental para apontar possibilidades de melhoria do VerStick, que são listadas a seguir:

- Melhorias de design, pois o tamanho do cabo e seu diâmetro ficaram grandes, e algumas peças ficaram pequenas, segundo os usuários durante a avaliação.
- Estudo focado na ergonomia do VerStick, para analisarmos o conforto do dispositivo.
- Estudos focado em *s*, pois como apontado por alguns usuários em alguns casos, não se sabia em parte teria que se encaixar.
- Na parte eletrônica, verificar questões de minimização de componentes, para reduzir o peso do dispositivo
- Em seu hardware, um estudo aprofundado analisando os componentes para verificar a eficiência tanto do filtro de Kalman (Welch et al., 1995) que foi utilizado, como também de outros filtros, como o Complementar (Gui et al., 2015), além de algoritmos de reconhecimento de padrões com aprendizagem máquina utilizados para verificar a estabilização do sistema, através de métricas de sensibilidade, especificidade e precisão.
- Implementar o RF04, que é indicar quando está ligado.
- Atender integralmente o RNF01, que diz respeito a facilidade no uso do VerStick.
- Uma variação do dispositivo em que se incorpore os conceitos de IoT para que profissionais de saúde possam monitorar os movimentos de cada usuário a distância para que se possa verificar a eficácia do dispositivo como uma ferramenta de saúde.

No decorrer do trabalho, observamos lacunas existentes na literatura de pessoas com Parkinson. Dessa forma, planejamos aprofundar o estudo

focado no processo de estabilização e avaliação desses dispositivos. Além disso, observamos a possibilidade de avaliar o VerStick, no contexto de interação implícita investigado por de Souza Filho et al. (2022) em conjunto com outras técnicas de avaliação de inspeção como a avaliação heurística focada em sistemas ubíquos utilizando as HUBis de Rocha et al. (2017) e a técnica de avaliação por observação indireta através de diários seguindo os conceitos de Rogers et al. (2013), e realizando o cruzamento de avaliações para verificar os possíveis insights que poderão vir a partir desses novos estudos.

## Referências Bibliográficas

- Akao, Y. (2004). *Quality function deployment: integrating customer requirements into product design*. SteinerBooks.
- Altshuller, G. S. (1999). *The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity*. Technical innovation center, Inc.
- Amaral, D. S., Sanguinetti, D., da Silva, J. C. A., Caldas, P. R., da Costa, J. Â. P., e da Silva Cabral, A. K. P. (2017). Tecnologia assistiva em 3d para pessoas com déficit de função manual por doença de parkinson/assistive technology in 3d for people with manual function deficit in parkinson's disease. *Revista Interinstitucional Brasileira de Terapia Ocupacional-REVISBRATO*, 1(4):465–474.
- Armstrong, M. J. e Okun, M. S. (2020). Diagnosis and treatment of parkinson disease: a review. *Jama*, 323(6):548–560.
- Arthanat, S., Bauer, S. M., Lenker, J. A., Nochajski, S. M., e Wu, Y. W. B. (2007). Conceptualization and measurement of assistive technology usability. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 2(4):235–248.
- Balestrino, R. e Schapira, A. (2020). Parkinson disease. *European journal of neurology*, 27(1):27–42.
- Baranauskas, M. C. C. e ROCHA, H. d. (2000). Design e avaliação de interface homem-computador. *São Paulo: UME-USP*, page 27.
- Barbosa, E. R. e Sallem, F. A. S. (2005). Doença de parkinson: diagnóstico. *Revista neurociências*, 13(3):158–165.
- Barbosa, S. e Silva, B. (2010). *Interação humano-computador*. Elsevier Brasil.
- Barbosa, S. D. J., Silva, B. d., Silveira, M. S., Gasparini, I., Darin, T., e Barbosa, G. D. J. (2021). Interação humano-computador e experiência do usuário. *Auto publicação*.
- Barros, E. e Cavalcante, S. (2010). Introdução aos sistemas embarcados. *Artigo apresentado na Universidade Federal de Pernambuco-UFPE*, page 36.

- Berger, A. (2001). *Embedded systems design: an introduction to processes, tools, and techniques*. CRC Press.
- Bersch, R. e Tonolli, J. C. (2006). Introdução ao conceito de tecnologia assistiva e modelos de abordagem da deficiência. *Bengala Legal*.
- Borghi, P. A. e Mejia, D. P. M. (2016). Ergodesign de ferramentas manuais.
- Bovolenta, T. M. e Felício, A. C. (2016). O doente de parkinson no contexto das políticas públicas de saúde no brasil.
- Braak, H., Del Tredici, K., Rüb, U., De Vos, R. A., Steur, E. N. J., e Braak, E. (2003). Staging of brain pathology related to sporadic parkinson's disease. *Neurobiology of aging*, 24(2):197–211.
- Braccialli, L. M. P. (2016). Tecnologia assistiva e produção do conhecimento no brasil. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 16:1014–1017.
- Brasil, M. d. E. (2013). Referenciais de acessibilidade na educação superior e a avaliação in loco do sistema nacional de avaliação da educação superior (sinaes). Brasília. *Brasília, DF*.
- Caixeta, L. e Vieira, R. T. (2008). Demência na doença de parkinson. *Brazilian Journal of Psychiatry*, 30:375–383.
- Camargos, A., Copio, F., Sousa, T., e Goulart, F. (2004). O impacto da doença de parkinson na qualidade de vida: uma revisão de literatura. *Braz. j. phys. ther. (Impr.)*, pages 267–272.
- Carro, L. e Wagner, F. R. (2003). Sistemas computacionais embarcados. *Jornadas de atualização em informática. Campinas: UNICAMP*.
- Chou, K. L. (2013). Clinical manifestations of parkinson disease. *UpToDate*. Retrieved on, 7(22):2013.
- Cunha, A. F. (2007). O que são sistemas embarcados. *Saber Eletrônica*, 43(414):1–6.
- da Cunha, D. J. R. (2012). Avaliação de aspectos de interface humano-computador e proposta de possíveis soluções para o software xlua. *Trabalho de Conclusão de Curso*.
- da Silva, F. P., Fernandes, S. V. D. H., e da Silva, T. L. K. (2014). Proposta de desenvolvimento de empunhadura personalizada para usuários com mal de parkinson. *Blucher Design Proceedings*, 1(4):2387–2399.

- da Silva, M. M., Chaves, L. S., Júnior, C. A. F., Guerra, C. S. D., Fernandes, S. R. L., Aguilar, P. A. C., Monteiro, I. T., e Sampaio, A. L. (2021). Wearable device in the form of glasses to assist the visually impaired in detecting obstacles. In *Proceedings of the XX Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–11.
- da Silva Cabral, A. K. P., de Menezes Sanguinetti, D. C., Amaral, D. S., de Queiroz Marcelino, J. F., Martins, L. B., e da Costa, J. Â. P. (2017). Usabilidade de produtos de tecnologia assistiva para atividades de vida diária de pessoas com doença de parkinson. *Ergodesign & HCI*, 5(Especial):104–115.
- de Araújo Rubert, V., dos Reis, D. C., e Esteves, A. C. (2007). Doença de parkinson e exercício físico. *Revista Neurociências*, 15(2):141–146.
- de Moraes, É. M. (2007). Um estudo sobre a validade e fidedignidade de métodos de avaliação de interfaces. *Dissertação*.
- De Souza, C. S., Leitão, C. F., Prates, R. O., e Da Silva, E. J. (2006). The semiotic inspection method. In *Proceedings of VII Brazilian symposium on Human factors in computing systems*, pages 148–157.
- de Souza Filho, J. C., Sampaio, A. L., e Feitosa, E. L. (2022). Hidden things and implicit interaction: looking back on how invisibility evolved as a quality-in-use attribute. In *Proceedings of the 21st Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–11.
- de Souza Ribeiro, A. e Braccialli, A. C. (2019). Usabilidade de tecnologias assistivas com interfaces digitais e os efeitos de ofuscamentos reflexivos. *V Seminário do Grupo de Pesquisa Deficiências Físicas e Sensoriais*.
- dos Santos Oliveira, W. e Gonçalves, E. N. (2017). Implementação em c: filtro de kalman, fusão de sensores para determinação de ângulos. *ForScience*, 5(3).
- dos Santos Steidl, E. M., Ziegler, J. R., e Ferreira, F. V. (2007). Doença de parkinson: revisão bibliográfica. *Disciplinarum Scientia/ Saúde*, 8(1):115–129.
- Filardi, A. L. e Traina, A. J. M. (2008). Montando questionários para medir a satisfação do usuário: avaliação de interface de um sistema que utiliza técnicas de recuperação de imagens por conteúdo. In *IHC*, pages 176–185.

- Gajski, D. D., Abdi, S., Gerstlauer, A., e Schirner, G. (2009). *Embedded system design: modeling, synthesis and verification*. Springer Science & Business Media.
- Galvão Filho, T. A. (2009). A tecnologia assistiva: de que se trata. *Conexões: educação, comunicação, inclusão e interculturalidade*, 1:207–235.
- Gorziza Avila, B., Passerino, L. M., e Tarouco, L. M. R. (2013). Usabilidade em tecnologia assistiva: estudo de caso num sistema de comunicação alternativa para crianças com autismo. *RELATEC*.
- Gui, P., Tang, L., e Mukhopadhyay, S. (2015). Mems based imu for tilting measurement: Comparison of complementary and kalman filter based data fusion. In *2015 IEEE 10th conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, pages 2004–2009. IEEE.
- Hackos, J. T. (1995). Handbook of usability testing.
- Hix, D. e Hartson, H. R. (1993). *Developing user interfaces: ensuring usability through product & process*. John Wiley & Sons, Inc.
- IBGE (2010). Censo demográfico, características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. *Rio de Janeiro*, 29.
- Kang, U. J; Fang, S. O. (2018). Doença de parkinson. *Tratado de Neurologia*, pages 702–720.
- Kruchten, P. B. (1995). The 4+ 1 view model of architecture. *IEEE software*, 12(6):42–50.
- Leite, F. P. A. e Luvizotto, C. K. (2017). Participação, acessibilidade digital e a inclusão da pessoa com deficiência. *Conpedi Law Review*, 3(2):240–261.
- Lewis, C. e Wharton, C. (1997). Cognitive walkthroughs. In *Handbook of human-computer interaction*, pages 717–732. Elsevier.
- Limongi, J. C. P. (2001). *Conhecendo melhor a Doença de Parkinson*. Plexus Editora.
- Magalhães, M. T. Q., de Aragão, J. J. G., e Yamashita, Y. (2013). Definições formais de mobilidade e acessibilidade apoiadas na teoria de sistemas de mario bunge. *Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo*, (9).
- Malak, A. L. S. B., Vasconcellos, L. F., Pereira, J. S., Greca, D. V., Cruz, M., Alves, H. V. D., Sptiz, M., e Charchat-Fichman, H. (2017). Symptoms

- of depression in patients with mild cognitive impairment in parkinson's disease. *Dementia & Neuropsychologia*, 11:145–153.
- Martins, I. H. e SOUZA, C. S. d. (1998). Uma abordagem semiótica na utilização dos recursos visuais em linguagens de interface. *Anais do IHC*, 98.
- Martins, L. E. G., de Souza Júnior, R., de Oliveira Jr, H. P., e Peixoto, C. S. A. (2010). Terase: Template para especificação de requisitos de ambiente em sistemas embarcados. In *WER*.
- Melo, A., Piccolo, L. S. G., Ávila, I. M. A., e Tambascia, C. (2009). Usabilidade, acessibilidade e inteligibilidade aplicadas em interfaces para analfabetos, idosos e pessoas com deficiência. *Anais do Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais.*, 9.
- Melo, A. M. (2014). Acessibilidade e inclusão digital. *Livro dos Tutoriais do XIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, page 29.
- Melo, A. M. e Baranauskas, M. C. C. (2005). Design e avaliação de tecnologia web-acessível. In *Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*, volume 25, pages 1500–1544.
- Moran, T. P. (1981). The command language grammar: A representation for the user interface of interactive computer systems. *International journal of man-machine studies*, 15(1):3–50.
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- Peixoto, T. M., Machado, T., Chaves, L. J., e Julio, E. P. (2012). Sistemas embarcados: explore sua criatividade construindo hardware e software. *SIMPÓSIO MINEIRO DE COMPUTAÇÃO DA VII ESCOLA REGIONAL DE INFORMÁTICA DE MINAS GERAIS*.
- Pimentel, T. d. A. (2020). Usabilidade de recursos de tecnologia assistiva de baixo custo e sua influência na qualidade de vida e independência funcional na doença de parkinson.
- Prates, R. O. e Barbosa, S. D. J. (2003). Avaliação de interfaces de usuário-conceitos e métodos. In *Jornada de Atualização em Informática do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Capítulo*, volume 6, page 28. sn.

- Prates, R. O. e Barbosa, S. D. J. (2007). Introdução à teoria e prática da interação humano computador fundamentada na engenharia semiótica. *Atualizações em informática*, pages 263–326.
- Prates, R. O., De Souza, C. S., e Barbosa, S. D. (2000). Methods and tools: a method for evaluating the communicability of user interfaces. *interactions*, 7(1):31–38.
- Preece, J., Rogers, Y., e Sharp, H. (2005). *Design de interação*. bookman.
- Radabaugh, M. P. (1993). Nidrr’s long range plan-technology for access and function research section two: Nidrr research agenda chapter 5: Technology for access and function.
- Rocha, L. C., Andrade, R. M., Sampaio, A. L., e Lelli, V. (2017). Heuristics to evaluate the usability of ubiquitous systems. In *Distributed, Ambient and Pervasive Interactions: 5th International Conference, DAPI 2017, Held as Part of HCI International 2017, Vancouver, BC, Canada, July 9–14, 2017, Proceedings 5*, pages 120–141. Springer.
- Rodrigues, S. S. e Fortes, R. P. d. M. (2019). Uma revisão sobre acessibilidade no desenvolvimento de internet das coisas: oportunidades e tendências. *Revista de Sistemas e Computação-RSC*, 9(1).
- Rogers, Y., Sharp, H., e Preece, J. (2013). *Design de Interação*. Bookman Editora.
- Santos, A. V. F., Licursi, L. A., Amaral, M. F., Cavalcanti, A., e Silveira, Z. C. (2019). User-centered design of a customized assistive device to support feeding. *Procedia CIRP 84 (2019)*.
- Santos, J. e Vasconcelos, T. C. (2018). Acessibilidade como fator de inclusão às pessoas com deficiência. *REIN-REVISTA EDUCAÇÃO INCLUSIVA*, 2(1):35–53.
- Sasaki, R. K. et al. (2003). Terminologia sobre deficiência na era da inclusão. *Mídia e deficiência. Brasília: andi/Fundação banco do brasil*, pages 160–165.
- Schafhauzer, L. M. B. e da Silva, C. M. (2023). Avaliação de usabilidade de tecnologia assistiva por servidores com deficiência visual do tribunal de justiça de pernambuco. *Diversitas Journal*, 8(3).

- Scherer, M. J. (2002). The change in emphasis from people to person: introduction to the special issue on assistive technology. *Disability and rehabilitation*, 24(1-3):1-4.
- Silva, A. B. G., Pestana, B. C., Hirahata, F. A. A., de Sousa Horta, F. B., e Oliveira, E. S. B. E. (2021). Doença de parkinson: revisão de literatura. *Brazilian Journal of Development*, 7(5):47677-47698.
- Silva, C. A. e Freire, A. P. (2018). Inspeção da acessibilidade de aplicativos móveis utilizando software leitor de telas. In *Anais Estendidos do XVII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Soares, J. M. S., Guerra, C. S. D., da Silva, M. M., Chaves, L. S., Sampaio, A. L., e Al-Alam, W. G. (2021). Smart cane: Laser guide as an inclusion tool for the visually impaired. In *Proceedings of the XX Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, pages 1-10.
- Sommerville, I. et al. (2011). Engenharia de software.[sl]. *Pearson Education*, 19:60.
- Souza, C. F. M., Almeida, H. C. P., Sousa, J. B., Costa, P. H., Silveira, Y. S. S., e Bezerra, J. C. L. (2011). A doença de parkinson e o processo de envelhecimento motor: uma revisão de literatura. *Revista Neurociências*, 19(4):718-723.
- Sveinbjornsdottir, S. (2016). The clinical symptoms of parkinson's disease. *Journal of neurochemistry*, 139:318-324.
- Verza, R., Carvalho, M. L., Battaglia, M. A., e Uccelli, M. M. (2006). An interdisciplinary approach to evaluating the need for assistive technology reduces equipment abandonment. *Multiple Sclerosis Journal*, 12(1):88-93.
- Vidal, M. C. et al. (2000). Introdução à ergonomia. *Apostila do Curso de Especialização em Ergonomia Contemporânea/CESERG. Rio de Janeiro: COPPE/GENTE/UFRJ*.
- Welch, G., Bishop, G., et al. (1995). An introduction to the kalman filter.
- White, E. (2011). *Making Embedded Systems: Design Patterns for Great Software*. "O'Reilly Media, Inc."
- Zurita, M. E. (2011). Projeto de sistemas embarcados. *Universidade Federal do Piauí, Curso de Engenharia Elétrica, Campus Universitário Ministro Petrônio Portela*.

# A

## Esquemático

Apresentamos um esquemático do circuito elétrico desenvolvido para o sistema. O projeto consiste na visualização de seus componentes e suas respectivas ligações. A Figura A.1 apresenta o esquemático projetado.

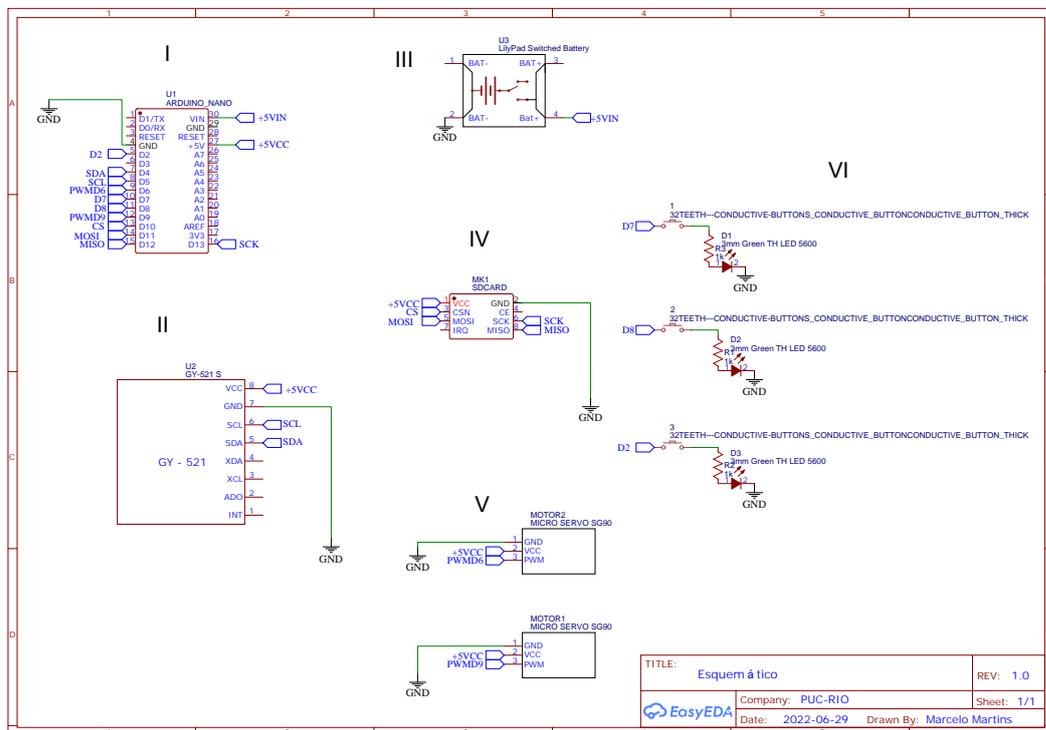


Figura A.1: Esquemático elétrico

O esquemático elétrico está organizado da seguinte forma:

- I: Arduíno Nano 33 Ble: as conexões com todas as portas que são utilizadas pelo sistema
- II: o sensor de posição conectado com as portas de barramento I2C
- III: o módulo de alimentação do circuito, o qual serve entrada de tensão para o Arduíno
- IV: o Módulo SD card conectado com as portas do barramento SPI
- V: os servomotores conectados aos pinos de PWM

- VI: Nos circuitos, temos botões conectados às portas digitais, junto com uma resistência elétrica e um LED

A Figura A.2 apresenta do esquemático de ligações projetado.

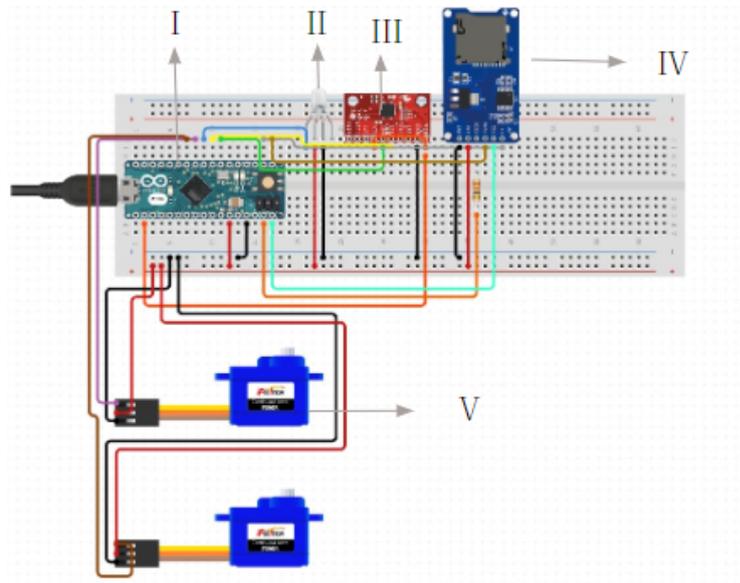


Figura A.2: Esquemático de Ligações

Os componentes são os seguintes:

- I: Arduino Nano 33 Ble, utilizado para processamento de informações
- II: LED, responsável pelo feedback visual do usuário através da sua Luz emitida
- III: Sensor de posição para capturar os sinais de movimento
- IV: Módulo SD card, responsável por capturar as informação em guardá-las no datalogger
- V: Servomotores, responsáveis pelo movimento do dispositivo.

## **B**

### **Roteiros de entrevista pré- e pós-teste**

#### **B.1**

##### **Entrevista Pré Teste**

###### **B.1.1**

###### **Você sabe a sua classificação de Parkinson ?**

- Piloto: tenho parte do meu corpo que treme
- U2: minhas duas mãos tremem muito
- U3: minhas mãos tremem
- U4:Uma mão treme muito
- U5: minha mão direita treme mais
- U6:acho que é um grau baixo não sei ao certo

###### **B.1.2**

###### **Como são os efeitos do Parkinson em seu dia a dia ? E como você está se sentindo no momento ?**

- Piloto: Tomo medicação, então ajuda e tenho uma vida mais normal. Agora estou bem
- U2: Mãos tremem, mas tomo medicamento. Agora estou bem
- U3: o tremor é comum, mas tomo medicamento. Agora estou bem
- U4: Tem o remédio que tomo, ele me ajuda. Agora estou bem
- U5: Assim, se eu não tomar meu remédio, minha mão treme muito, mas tomando fica tudo normal, agora eu to normal
- U6:Não preciso tomar medicação ainda, porque treme mas da pra fazer as minhas coisas tranquilamente

### **B.1.3**

**Você enfrenta obstáculos durante a realização de atividades em seu cotidiano ?**

- Piloto: Sim
- U2: Sim
- U3: Sim
- U4: Sim
- U5: Sim
- U6: Não

### **B.1.4**

**Quais são os obstáculos e em quais atividades?**

- Piloto: Às vezes a comida derrama, o dormir também às vezes é demora
- U2: o tremido atrapalha mais
- U3: tremor das mãos, comer
- U4: minha mão que treme demais, aí eu tenho mais dificuldade em utilizar ela
- U5: eu tento não utilizar a mão que treme mais pra algumas atividades, como comer quando eu uso uma colher, quando vou usar talher ai não tenho opção
- U6: por tremer pouco, as vezes quando descuido cai algo da minha mão

### **B.1.5**

**De que maneira cada um desses obstáculos interfere nas suas atividades? E o quanto isso interfere?**

- Piloto: ficar sujo de comida não é bom
- U2: não conseguir ficar com as coisas nas mãos porque as vezes cai é ruim
- U3: se sujar com comida
- U4: controle de pegar as coisas
- U5: as vezes derramo comida em mim ou na mesa, fica uma “zona”
- U6: o segurar é mais chato em algumas situações

### **B.1.6**

**Qual estratégia você usa para superar esses obstáculos ? E como você avalia essa estratégia? (O quanto ela ajuda a superar e quais obstáculos permanecem?)**

- Piloto: tomando remédio ajuda
- U2: tomando remédio ajuda, pois os sintomas são amenizados
- U3: tomando remédio ajuda
- U4: O medicamento me ajuda a ter uma vida normal
- U5: minha esposa me lembra sempre do remédio, que ajuda bastante
- U6: estou iniciando um tratamento para contornar esses problemas

### **B.1.7**

**Você tem algum outro comentário sobre seu dia a dia com a Doença de Parkinson ?**

- Piloto:não
- U2:só que o tremor é desconfortável
- U3: não
- U4:acho que é mais essa questão do tremor mesmo
- U5: não
- U6:não

## **B.2**

### **Entrevista Pós-teste**

#### **B.2.1**

**O que achou do dispositivo?**

- Piloto: Continuo gostando da idéia, já trouxe algumas melhorias, ficou legal
- U2: A idéia ta boa, você já fez a mudança no pente, mas ainda precisa melhorar um pouco
- U3: Muito interessante, já atualizaram o projeto e acho que tem grande potencial
- U4: A ideia está legal, mas o produto ainda vai passar por ajustes, eu compraria em um futuro quando tiver bem bom pra utilizar
- U5: boa, com alguns ajustes acredito que pode ficar melhor
- U6: gostei, quero participar de outros momentos, o projeto de vocês pode ajudar muita gente

### **B.2.2**

**Em uma escala de 1 a 5, onde 1 é Muito Ruim e 5 Muito Bom, qual foi o seu grau de conforto ao utilizar o dispositivo?**

- Piloto:4
- U2:3
- U3: 3
- U4:3
- U5: 2
- U6:3

### **B.2.3**

**O que achou da forma do dispositivo?**

- Piloto: A pulseira pra segurar é legal, o tamanho do pente foi muito pequeno acho que precisa de um meio termo, a colher ficou legal
- U2:O pente ainda não tá muito bom, mas já tá melhorando, só tá um pouco pequeno,mas funciona, o encaixe dele que acho que deve ficar melhor, a parte da escova continua legal, eu achei legal que a colher mudou de tamanho também
- U3: O projeto tá bem legal com as mudanças, mas acho que pode melhorar, tá pesado ainda, não tem como diminuir o peso ? substituir esse material ?
- U4:acho que pode ficar menor e mais leve, mesmo com a pulseira pra evitar que caia, o que é uma boa ideia, mas ainda é algo grande no geral, a ideia fixar as peças eu achei legal, pq é um encaixe e pode me ajudar
- U5: está pesado e achei o pente um pouco pequeno
- U6: Achei muito grande, a ideia do projeto é legal, mas já pensaram em mudar a posição das peças, e se fosse um encaixe no meio, se a pecinha de encaixar fosse junta logo com a a parte que a gente pega?

**B.2.4****Quais dificuldades teve para utilizar o dispositivo?**

- Piloto: Agora que conheço o produto, já sei como funciona, mas ainda acho os encaixes meio fracos
- U2: o pente eu usei, mas agora como tá pequeno eu tenho que usar ele várias vezes para pentear o meu cabelo
- U3: os encaixes, acho que devia ser algo mais simples, já pensou em fazer um encaixe tipo aqueles de pulseira ajustável ? pra ser mais firme
- U4: o encaixe da escova foi o mais difícil, por que tinha que fixar a escova, o do pente eu achei mais fraquinho
- U5: acho que o “pegar” cansa um pouco, porque tá grande, outra coisa é esse encaixe auxiliar para encaixar as outras peças, parece que vai soltar
- U6: ainda preciso me adaptar com o tamanho, pro pente e escova de dente ainda foi bem pra utilizar, mas pra comer ainda ficou um talher grande pq são 3 peças encaixadas

**B.2.5****Quais foram pontos positivos?**

- Piloto: O projeto já está avançando, gostei dessa ideia de poder utilizar em mais de uma coisa
- U2: destaco a cordinha porque as vezes a mão treme e pode deixar a cair as coisas, vai ajudar muito
- U3: o encaixe para escova de dente, bem legal
- U4: esse encaixe de escova, pode servir para outras coisas, inclusive para talheres comuns do dia a dia
- U5: essa forma de ajudar a não derrubar, já ajuda muito, a colher também por que ai eu já fico menos preocupado com o sujar
- U6: a versatilidade do projeto eu destaco como um ponto legal, porque você vai ter mais de uma função em um protótipo só

### **B.2.6**

#### **Quais foram os pontos negativos?**

- Piloto: essa peça do meio, ela é realmente necessária ?
- U2: o pente tá pequeno
- U3: o tamanho do produto, está grande quando eu encaixo tudo
- U4: está pesado no geral
- U5: peso
- U6:tamanho do produto, se fosse menor

### **B.2.7**

#### **Em qual tarefa você sentiu mais dificuldade?**

- Piloto: colocar a corda antes de encaixar as peças
- U2: os encaixes, foram mais difíceis
- U3:a minha maior dificuldade foi encaixar a peça pra por a escova de dente
- U4:a de utilizar os talheres (comer)
- U5: a forma de comer, porque o talher não está no meio
- U6: não foi dificuldade, mas mais cansaço, porque o pente ta pequeno e tive que repetir mais vezes

### **B.2.8**

#### **Em quais tarefas e em que situações você se vê utilizando o dispositivo?**

- Piloto: comer, principalmente
- U2: comer, é a principal pra mim
- U3: comer e escovar os dentes
- U4: comer
- U5: comer e pentear o cabelo
- U6:comer

**B.2.9****Como você acha que o dispositivo poderia contribuir para sua vida ?**

- Piloto: no meu dia a dia seria na alimentação, mas nas outras atividades pode ser que sim
- U2: eu tomo medicamento, acho que ajudaria na combinação dos dois
- U3: na hora de comer, me alimentando sem eu me sujar tanto
- U4: comer, seria muito legal, porque eu poderia ficar mais tranquilo, até pra tomar sopa
- U5: acho que na hora de comer
- U6: ainda não sei ao certo, meu grau de Parkinson ainda é baixo

**B.2.10****O que precisaria mudar nesse dispositivo para você adotá-lo no seu dia-a-dia?**

- Piloto: diminuir o tamanho
- U2: diminuir o peso e tamanho dessa parte de pegar
- U3: o peso está pesado ainda
- U4: acredito que mudar o material porque ainda está pesado
- U5: o peso, e o tamanho do cabo, acho que até mesmo nem precisaria daquela peça do meio, não daria para juntar em algo só não ?
- U6: o peso e acho que a localização que as peças ficam, pois ainda é meio estranho não está no centro e sim na lateral, acho que isso deve mudar

**B.2.11****Você tem algum outro comentário ou sugestão de melhoria?**

- Piloto: o peso
- U2: acho que tamanho e peso
- U3: mudar algumas peças ou refazer o cabo
- U4: mudar o tamanho da parte que é grande
- U5: mudar os formato do projeto acho que seria legal, pra ficar tudo numa parte só
- U6: não

Observações : Perguntar sobre a medicação (em que momento do dia o usuário toma). Durante a sessão, o avaliador responsável deverá ser atento aos seguintes tópicos de observação:

### **B.2.12**

#### **O usuário aparentemente está confortável com a tecnologia?**

- Piloto: aparentou melhor que na avaliação anterior
- U2: Sim
- U3: Sim
- U4: Sim
- U5: Sim
- U6: Sim

### **B.2.13**

#### **Quais as maiores dificuldades percebidas?**

- Piloto: Encaixe de peças
- U2: encaixar a parte da escova
- U3: encaixe da escova
- U4: encaixe da colher e usar como colher
- U5: encaixe do meio
- U6: encaixe do meio

### **B.2.14**

#### **Quais foram pontos positivos?**

- Piloto: Gostou e fez algumas sugestões
- U2: gostou
- U3: Gostou, encaixe da escova
- U4: Gostou, fez sugestões sobre tamanho e peso
- U5: Usabilidade
- U6: Usabilidade

### **B.2.15**

#### **Quais foram pontos positivos negativos?**

- Piloto: tamanho do pente
- U2: encaixe do meio e pente (tamanho)
- U3: tamanho do pente
- U4: encaixe no geral
- U5: encaixe do meio
- U6: encaixe no geral

### **B.2.16**

#### **Em qual tarefa o usuário teve maior dificuldade?**

- Piloto: 1 e 4
- U2: 2 e 4
- U3: 2 e 4
- U4: 2 e 4
- U5: 4
- U6: 4

Observação: Verificar o que foi observado por eles, e a minha visão como observador.

**C**

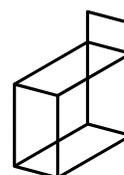
**Projeto submetido e aprovado pela Câmara de Ética em  
Pesquisa da PUC-Rio**



# Tecnologia Assistiva para auxiliar pessoas com Doença de Parkinson

Marcelo Martins da Silva

Maio de 2022



**DEPARTAMENTO  
DE INFORMÁTICA**  
PUC-RIO

# Tecnologia Assistiva para auxiliar pessoas com Doença de Parkinson

Marcelo Martins da Silva

Maio de 2022

Projeto submetido à Câmara de Ética em Pesquisa da PUC-Rio:  
Rua Marquês de São Vicente, 225 – Edifício Kennedy, 2º andar  
Gávea, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 22451-900.  
Tel.: (21) 3527-1618.

Professora-pesquisadora responsável: Simone Diniz Junqueira Barbosa,  
Professora Associada do Departamento de Informática, PUC-Rio  
<http://lattes.cnpq.br/9222024053983021>  
[simone@inf.puc-rio.br](mailto:simone@inf.puc-rio.br) - Tel.: (21) 3527-1500 ext. 4353; (21) 992-413-651



Prezados senhores,

Encaminho em anexo o projeto de pesquisa e desenvolvimento intitulado “Tecnologia Assistiva para auxiliar pessoas com Doença de Parkinson”, para apreciação pela Câmara de Ética em Pesquisa da PUC-Rio.

Atenciosamente,

Simone Diniz Junqueira Barbosa  
Professora Associada  
Departamento de Informática, PUC-Rio



# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Contextualização</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Acessibilidade</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Tecnologia Assistiva</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Dispositivos Vestíveis</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>Usabilidade em Dispositivos Vestíveis</b>	<b>4</b>
<b>7</b>	<b>Objetivos deste projeto de pesquisa</b>	<b>5</b>
<b>8</b>	<b>Descrição detalhada das atividades de pesquisa</b>	<b>5</b>
8.1	Revisão Bibliográfica . . . . .	5
8.2	Identificação de Necessidades . . . . .	5
8.3	Questionário de Levantamento de dados . . . . .	5
8.4	Desenvolvimento de Dispositivo Vestível . . . . .	5
8.5	Avaliação de Desempenho . . . . .	6
8.6	Avaliação da Interação do Usuário com o Dispositivo . . . . .	6
8.7	Analisar os resultados e considerações . . . . .	6
<b>9</b>	<b>Cronograma</b>	<b>6</b>
9.1	Questionários . . . . .	6
9.2	Observação de uso . . . . .	7
9.3	Entrevistas . . . . .	7
9.4	Análise de logs de interação . . . . .	8
<b>10</b>	<b>Resultados Esperados</b>	<b>8</b>
<b>11</b>	<b>Aspectos éticos do projeto de pesquisa</b>	<b>8</b>
11.1	Características dos participantes . . . . .	9
11.2	Plano para recrutamento . . . . .	9
11.3	Análise Crítica dos Riscos . . . . .	9
11.4	Análise Crítica dos Benefícios . . . . .	10
11.5	Duração total da pesquisa . . . . .	10
11.6	Responsabilidades . . . . .	10
11.7	Critérios para a suspensão da pesquisa . . . . .	11
11.8	Ressarcimento de despesas . . . . .	11
11.9	Local da pesquisa . . . . .	11
11.10	Propriedades das informações coletadas e geradas . . . . .	11
11.11	Orçamento financeiro . . . . .	12
<b>A</b>	<b>Modelo de Anúncio para Recrutamento Aberto dos Participantes</b>	<b>15</b>
<b>B</b>	<b>Autorização do Uso das Dependências do DI/PUC-Rio para Condução da Pesquisa</b>	<b>16</b>

---

<b>C</b>	<b>Questionário de caracterização do participante - Exemplo</b>	<b>17</b>
<b>D</b>	<b>Entrevista sobre avaliação com usuário</b>	<b>18</b>
<b>E</b>	<b>Roteiros de entrevista</b>	<b>19</b>
E.1	Roteiro de entrevista de análise - Exemplo . . . . .	19
E.2	Roteiro de entrevista pós-sessão de observação - Exemplo . . . . .	19
<b>F</b>	<b>Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – Projeto “Tecnologia Assistiva para auxiliar pessoas com Doença de Parkinson”</b>	<b>1</b>
F.1	Natureza da Pesquisa . . . . .	1
F.2	Benefícios . . . . .	1
F.3	Riscos e desconfortos . . . . .	1
F.4	Garantia de assistência e indenização . . . . .	2
F.5	Garantia de anonimato, privacidade e sigilo dos dados . . . . .	2
F.6	Divulgação dos resultados . . . . .	2
F.7	Acompanhamento, assistência e esclarecimentos . . . . .	2
F.8	Ressarcimento de despesa eventual . . . . .	3
F.9	Liberdade de recusa, interrupção, desistência e retirada de consentimento . . . . .	3
F.10	Consentimento . . . . .	3

---

# 1 Introdução

Este documento apresenta os objetivos e descrição de um projeto de pesquisa que será realizado como tema de dissertação de mestrado em Informática no DI na área de concentração de Interação Humano-Computador (IHC), buscando contribuições na área de computação vestível, IHC e Tecnologias Assistivas.

## 2 Contextualização

Segundo dados do censo de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), há no Brasil mais de 45 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência. Dentre elas, podemos destacar a deficiência motora, que afeta pelo menos 3,15 milhões de pessoas (IBGE, 2010). Dos acometimentos que podem afetar a saúde física do ser humano, podemos destacar a Doença de Parkinson (DP), que é uma patologia neurológica crônica e degenerativa do sistema nervoso central. De acordo com a Organização Mundial de Saúde, a DP afeta 1% da população (dos Santos Steidl et al., 2007). No Brasil, a notificação da DP não é compulsória, o que leva a uma estimativa de sua prevalência no país de 220 mil pacientes (Bovolenta and Felício, 2016).

A DP é caracterizada pela redução de dopamina na via nigro-estriatal, resultante da morte de neurônios da substância negra cerebral. A etiologia específica não é conhecida; porém, nos últimos anos, tem-se considerado fatores hereditários, infecciosos, tóxicos, genéticos e ambientais (Souza et al., 2011). A DP vem prejudicando muitos indivíduos em todo o mundo, afetando os neurônios que controlam diretamente a coordenação e os movimentos voluntários do corpo humano. Ela causa tremores que impactam a qualidade de vida dos portadores. A literatura mostra que pessoas com Parkinson estão em sua esmagadora maioria na terceira idade (de Araújo Rubert et al., 2007). As pessoas acometidas com essa doença não conseguem fazer atividades simples do dia-a-dia, como por exemplo alimentar-se com as próprias mãos, pois é necessário ter autonomia motora no ato de conduzir uma simples colher até a boca.

A inclusão é um direito que a tecnologia tem permitido, de fato, tornar-se real. Encontrar caminhos para que esse direito esteja presente no dia a dia do deficiente ou dos que sofrem distúrbios do sistema nervoso, como Parkinson, dá autonomia a essas pessoas para realizarem simples tarefas que possibilitam sentirem-se iguais a todos. Decorrente do avanço tecnológico, destacamos o que chamamos de Tecnologia Assistiva (TA), que tem como um dos seus principais objetivos auxiliar na realização de atividades que antes não poderiam ser realizadas (BERSCH and TONOLLI, 2006).

Algumas pesquisas vêm sendo desenvolvidas para auxiliar pessoas com DP. da Silva et al. (2014) propõem-se a conhecer as dificuldades reais de um usuário com a doença de mal de Parkinson em seu trabalho. Produziram uma pega antropomórfica personalizada para um usuário acometido pelo mal de Parkinson e avaliaram seu desempenho ao se barbear. Já Amaral et al. (2017) descreveram o processo de avaliação e desenvolvimento de produtos de TA em 3D para pessoas com déficit de função manual por Doença de Parkinson.

## 3 Acessibilidade

Por definição, acessibilidade é uma qualidade de algo a que se tem fácil acesso, que é alcançável (Melo et al., 2009; Silva and Freire, 2018). Tal conceito, aplicado a sistemas computacionais, está relacionado com outros, como interfaces, que são as ferramentas ou instrumentos que auxiliam usuários na realização de suas tarefas. São elas que possibilitam as interações com o usuário e, quando associadas, formam um sistema interativo. Quando trata-se de acessibilidade em sistemas

---

computacionais interativos, existe um impacto direto nas questões de usabilidade e experiência de usuário (Melo, 2014).

Para que possa ocorrer de fato uma interação com uma interface, faz-se necessário ao usuário o exercício de uma ação motora de interação, associada à capacidade de percepção por meio dos sentidos para detectar respostas do sistema, bem como o uso do raciocínio para interpretar essas respostas, como definem Barbosa and Silva (2010). Sendo assim, qualquer impedimento imposto por uma interface vai totalmente de encontro ao conceito de acessibilidade.

## 4 Tecnologia Assistiva

A Tecnologia Assistiva (TA) é uma área interdisciplinar que atende diversos públicos e deve ser entendida como um auxílio que promoverá a ampliação de uma habilidade funcional deficitária ou possibilitará a realização da função desejada e que se encontra impedida por circunstância de deficiência ou pelo envelhecimento (BERSCH and TONOLLI, 2006).

## 5 Dispositivos Vestíveis

Como resultado do avanço tecnológico, o desenvolvimento de dispositivos ficou mais robusto e cada vez mais aperfeiçoado, levando ao desenvolvimento de dispositivos *wearable*, que é uma palavra de origem inglesa, comumente traduzida como “vestível”. Esses dispositivos normalmente são pequenos e podem ser utilizados no corpo como algum acessório, peça de vestuário, ou outro dispositivo que possa ser ligado no corpo (Morales et al., 2018).

Barros and Cavalcante (2010) definem *Wearable computers* como dispositivos que levamos conosco de uma forma natural, sem causar incômodos quer pelo peso, forma ou posição de uso. Para que isso seja possível, eles devem poder ser usados quando estamos em movimento e com pelo menos uma das mãos livres.

Segundo Zheng et al. (2014), as tecnologias vestíveis podem fornecer uma gama de informações relacionadas à saúde, e isso é considerado um avanço na informática aplicada à saúde. Os dispositivos podem ser integrados em roupas, acessórios e no ambiente de vida, de modo que as informações de saúde possam ser adquiridas de maneira direta e abrangente na vida diária. Os sensores podem até ser projetados como tatuagens eletrônicas adesivas ou diretamente impressos na pele humana para permitir o monitoramento da saúde a longo prazo (Mantovani and Moura, 2012).

Este trabalho utilizará os conhecimentos descritos nos parágrafos acima para o desenvolvimento de um sistema que auxiliará pessoas com Doença de Parkinson em algumas atividades do seu cotidiano, tais como, comer, pentear cabelos e escovar os dentes.

## 6 Usabilidade em Dispositivos Vestíveis

As tecnologias vestíveis têm grande capacidade de oferecer suporte a diversos domínios de aplicação, desde a utilização em sistemas médicos até para lazer e entretenimento. As soluções de tecnologias vestíveis são promissoras, porém os aspectos humanos são frequentemente negligenciados, o que pode fazer com que a aceitação de novos dispositivos diminua (Motti and Caine, 2014). Considerando que características corporais em que medidas e formatos são relativos aos usuários, a busca por uma boa usabilidade em dispositivos vestíveis pode coincidir com algumas dificuldades relacionadas ao design do produto. Nesse contexto, esforços para conseguir um produto bem adequado são essenciais para conseguir resultados flexíveis e de boa qualidade. Para

---

compensar algumas insatisfações por parte dos usuários e buscar aceitação, os designers podem adaptar os dispositivos, evidenciar as novidades e proporcionar novos testes (Genaro Motti and Caine, 2014).

As tecnologias vestíveis que possuem acessibilidade como requisito principal são pautas cada vez mais recorrentes na bibliografia. Técnicas de avaliação são aplicadas para relatar e tratar aspectos de usabilidade. Nesse contexto, Brezolin et al. (2017) avaliaram duas versões do protótipo de um dispositivo vestível chamado “Tecassit”, que é capaz de detectar obstáculos através de sensoramento. Com isso, puderam concluir que as configurações da tecnologia dependem bastante da realidade do usuário. Além disso, também coletaram dados sobre a preferência entre as versões, além de diversas formas de *feedback*. Para melhorar a aceitação e o envolvimento do usuário com novos *wearables*, a consideração dos fatores humanos no momento do desenvolvimento da aplicação é essencial, principalmente para a experiência do usuário (Francés-Morcillo et al., 2020).

## 7 Objetivos deste projeto de pesquisa

O objetivo geral deste trabalho é a implementação e análise de desempenho de um dispositivo vestível empregado para auxiliar pessoas acometidas com mal de Parkinson. Assim, espera-se contribuir para a melhoria na qualidade de vida de pessoas com essa doença.

## 8 Descrição detalhada das atividades de pesquisa

Este projeto de pesquisa envolve pessoas em estudos através de questionários, entrevistas, observação de uso e análise de *logs* de interação. Todas as atividades serão precedidas por uma explicação sobre os objetivos do estudo e pela leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) correspondente (Apêndices F).

### 8.1 Revisão Bibliográfica

Atividade de fluxo contínuo da pesquisa, para atualização de referências e melhoria da fundamentação teórica.

### 8.2 Identificação de Necessidades

Levantamento de requisitos, realizados de acordo com a pesquisa de revisão bibliográfica.

### 8.3 Questionário de Levantamento de dados

Questionário com o objetivo de levantar informações sobre os participantes da pesquisa, com a finalidade de identificar os perfis dos usuários participantes.

### 8.4 Desenvolvimento de Dispositivo Vestível

Esta etapa abrange diversos passos da pesquisa, tais como a configuração de ambiente de desenvolvimento, seleção de plataformas, modelagem 3D, desenvolvimento de algoritmos de filtros e reconhecimento de padrões.

---

## 8.5 Avaliação de Desempenho

Para explorar as funções do dispositivo, será realizada uma avaliação de desempenho com experimentos em laboratório para verificar a resposta do algoritmo com os filtros antes de ser integrado com os outros sensores.

## 8.6 Avaliação da Interação do Usuário com o Dispositivo

Para a avaliar a interação do sistema proposto, utilizaremos um método de avaliação por observação, descrito por Rogers et al. (2013). Este método permite que o avaliador colete dados sobre situações em que os participantes realizam suas atividades.

## 8.7 Analisar os resultados e considerações

Após a rodada de avaliações de Desempenho e Interação, serão consolidados os dados para a discussões e reflexões da pesquisa.

# 9 Cronograma

O desenvolvimento da solução proposta será guiado pelo cronograma de execução disposto na Tabela 1. As atividades de M1 já estão em andamento, pois se baseiam somente em revisão de literatura e elaboração de questionário, mas não envolvem pessoas. As atividades de M2 em diante serão realizadas assim que o projeto for aprovado Câmara de Ética em Pesquisa da PUC-Rio.

Tabela 1: Cronograma de execução das atividades

Atividades	Período de Pesquisa									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Revisão Bibliográfica (patentes e trabalhos relacionados)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Elaboração de Questionário de Levantamento de dados	x									
Identificação de Necessidades		x	x	x	x	x				
Entrevistas com usuários		x	x							
Seleção de Plataformas e Configuração de Ambientes	x									
Modelagem do protótipo (3D)			x	x	x	x	x			
Conexão de Algoritmo com filtro			x	x	x	x	x			
Testes e Correção de Software					x	x	x			
Avaliação de Desempenho					x	x	x			
Defesa da proposta							x			
Avaliação de Interação							x	x	x	
Análise dos resultados							x	x	x	
Escrita da Dissertação	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Defesa da Dissertação										x

## 9.1 Questionários

Esta pesquisa envolve três tipos de questionário:

1. questionário de caracterização do perfil do participante;

- 
2. questionário de coleta de dados sobre o estudo em si; e
  3. questionário de avaliação pós-tarefa ou pós-teste (a ser preenchido após a realização de um conjunto de tarefas ou ao final de uma sessão de observação, respectivamente)

Os questionários de caracterização dos participantes da pesquisa visam a apoiar a interpretação dos resultados e, caso a pesquisa envolva siga uma abordagem “*between-group design*”, apoiar também a formação dos diferentes grupos, para que tenham composições similares com relação às características relevantes ao estudo. Um exemplo de questionário de caracterização de participante encontra-se no Apêndice C.

No que diz respeito à coleta de dados sobre o estudo em si: esta pesquisa envolve múltiplos questionários e entrevistas, cada qual com um objetivo relacionado a diferentes aspectos do consumo e produção de possíveis dispositivos, por exemplo:

- Identificar as necessidades do cotidiano dos usuários.
- Identificar a preferência de um usuário sobre diferentes dispositivos vestíveis
- Identificar objetos e fatores que podem influenciar no conforto do usuário.

Um exemplo de pergunta de entrevista a ser utilizada nesta pesquisa encontra-se na seção D.

Além de capturar as respostas dos usuários, capturamos também o tempo que eles levam para cada resposta, de forma a avaliarmos também a eficiência de cada atividade.

Finalmente, questionários de avaliação pós-tarefa e pós-teste buscam a opinião dos participantes da pesquisa sobre as atividades que acabaram de realizar. Consistem de perguntas em escalas Likert de 7 pontos (de 1=‘discordo totalmente’ a 7=‘concordo plenamente’). Também incluem espaços para a expressão livre da opinião do participante sobre aspectos gerais e específicos da atividade realizada.

O uso das informações de todos esses questionários será pautado pelo respeito à privacidade e ao anonimato dos participantes, conforme assegurado pelo TCLE.

## 9.2 Observação de uso

As sessões de observação de uso planejadas para esta pesquisa envolvem fornecer aos usuários alguns cenários de tarefa com objetivos a serem alcançados, e pedir que eles utilizem um protótipo (em papel ou em software) para realizar as tarefas correspondentes. Caso o participante consinta, a sessão de uso será gravada em áudio e vídeo, para posterior análise pelos membros do grupo de pesquisa. Assim como no caso dos questionários e entrevistas, o uso de todo material bruto coletado será pautado pelo respeito à privacidade e ao anonimato dos participantes, conforme assegurado pelo TCLE.

Ao final de cada sessão de observação, pediremos aos participantes que preencham um questionário e/ou participem de uma breve entrevista, conforme detalhado na seção a seguir.

## 9.3 Entrevistas

Além das entrevistas que naturalmente sucedem as sessões de observação de uso, este projeto de pesquisa envolverá entrevistas semi-estruturadas com profissionais e pesquisadores da área da saúde e tecnologia vestível para melhor entendermos o uso real e pretendido de dispositivo proposto em suas áreas de atuação. Um exemplo de roteiro de entrevista encontra-se no Apêndice E. Caso o participante consinta, a entrevista será gravada em áudio, para posterior análise pelos membros do grupo de pesquisa. Assim como nas demais atividades, o uso de todo material bruto coletado será pautado pelo respeito à privacidade e ao anonimato dos participantes, conforme assegurado pelo TCLE.

---

## 9.4 Análise de logs de interação

Os protótipos desenvolvidos serão instrumentados de forma a capturar o *log* de interação dos usuários ao usarem esses protótipos. Os protótipos serão configurados de forma a capturar dados somente dos usuários que consentirem com essa captura.

## 10 Resultados Esperados

Dentre os resultados desta pesquisa, encontram-se modelos, técnicas, heurísticas relacionadas com a criação e uso de dispositivos vestíveis. Os resultados da pesquisa serão publicados como dissertação de Mestrado e artigos científicos publicados em eventos e periódicos científicos nacionais e internacionais de primeira linha.

Mais especificamente, os resultados esperados do projeto compreendem:

- Dispositivos Vestíveis que auxiliem pessoas com Parkinson no seu dia a dia;
- Modelos e algoritmos para reconhecimento de padrões focados em acessibilidade;
- Heurísticas focadas em avaliação de dispositivos vestíveis
- Avaliação de desempenho entre sistemas embarcados e IHC;

## 11 Aspectos éticos do projeto de pesquisa

Em todas as etapas deste projeto, todos os pesquisadores envolvidos na pesquisa levaram em consideração princípios e cuidados éticos pertinentes a pesquisas com seres humanos, conforme a legislação vigente (Ministério da Saúde, 1996, 2016). Tais princípios não estão restritos apenas ao respeito na relação pesquisador-participante, mas ao compromisso com a verdade durante a coleta, análise e conclusão das informações. No que diz respeito ao objetivo desta pesquisa, não identificamos até o momento da elaboração deste documento se e como tais objetivos poderiam prejudicar parcial ou totalmente indivíduos ou a sociedade.

Para as pesquisas descritas anteriormente, assim como os estudos referentes a cada uma delas, utilizaremos as mesmas características de população (perfil dos participantes) e métodos descritos nesta seção. Além disto, devido à natureza de uma pesquisa quantitativa e qualitativa, seguiremos as seguintes recomendações:

- Manteremos uma postura observadora e investigativa, buscando minimizar a intervenção do pesquisador.
- Desenvolveremos o conteúdo das perguntas de entrevistas e das tarefas a serem observadas de forma cuidadosa, a fim de não induzir as respostas dos participantes com questões pouco abertas ou não claras, além de não manifestar reações de espanto ou aprovação diante das respostas dos participantes.
- Descreveremos os procedimentos realizados para a pesquisa, juntamente com a divulgação dos resultados, sejam eles favoráveis ou não.

---

## 11.1 Características dos participantes

O principal foco são pessoas que sofrem de doença de Parkinson. Diferentes perfis permitem capturar visões distintas, tendo como resultado uma análise mais abrangente do público-alvo. Almeja-se envolver, em cada etapa da pesquisa, 3 a 5 participantes.

**Critério de inclusão:** Serão convidados a participar dos estudos relacionados a este projeto de pesquisa pesquisadores, alunos de pós-graduação, alunos de graduação e/ou profissionais, de diferentes áreas, interessados no consumo e produção de acessibilidade focada em Parkinson.

**Critério de exclusão:** Não serão convidados a participar da pesquisa menores de idade.

Um modelo de anúncio para o recrutamento aberto dos participantes encontra-se no Apêndice A.

## 11.2 Plano para recrutamento

O recrutamento dos participantes poderá ser feito pelos pesquisadores através de grupos de estudo, listas de e-mail e redes sociais, de acordo com o perfil desejado. A professora-pesquisadora poderá divulgar a pesquisa para seus alunos, mas sempre reforçando o caráter voluntário e anônimo da pesquisa, conforme descrito em detalhes na Seção 11.3. Também é possível fazer o recrutamento através de anúncios para indivíduos gerais, sendo necessário fazer uma seleção posterior para identificação do perfil e seleção dos que se adéquem ao desejado.

Os participantes podem aderir voluntariamente aos projetos de pesquisa, após serem informados sobre os objetivos da pesquisa, os procedimentos de coleta de informações e como os resultados da pesquisa serão analisados e divulgados. Após indicarem interesse em participar dos estudos, esses voluntários receberão informações detalhadas sobre todos os procedimentos da pesquisa, incluindo o *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido* (TCLE) para conhecimento e apoio à sua decisão sobre sua participação nos estudos. Cada estudo terá um TCLE próprio, mas esperamos que uma mesma pessoa participe de todos os estudos previstos nesta pesquisa. As sessões de observação e entrevistas serão agendadas antecipadamente, respeitando a conveniência e disponibilidade de cada um, sempre considerando, em primeiro lugar, a possibilidade e vontade dos participantes.

## 11.3 Análise Crítica dos Riscos

Os participantes terão preservadas sua integridade física e suas imagens, conforme acordado através do TCLE (Apêndice F).

Identificamos alguns pequenos riscos destes estudos, que podem ocorrer com todos os participantes (mesmo para os considerados não vulneráveis) e em qualquer atividade (observação, entrevista ou questionário online):

1. Desconforto físico: cansaço ou aborrecimento caso a sessão seja longa (por exemplo, acima de 2 horas).
2. Constrangimento ou alterações de comportamento por causa da gravação de áudio ou vídeo.
3. Quebra da segurança digital dos dados armazenados.
4. Interrupção do estudo por parte do participante.

De forma a mitigar os riscos descritos, realizaremos os seguintes procedimentos:

1. Minimização do tempo do participante, focando em questões relevantes ao objetivo do estudo. Possibilidade de interromper e retomar no ponto da interrupção, permitindo pequenas pausas para descanso.

- 
2. Áudio e vídeo serão gravados somente mediante o consentimento do participante. Além disso, sempre que possível, as gravações de vídeo serão focadas na atividade que os participantes estarão exercendo: na mesa para atividades manuais ou na tela do computador. Isto será esclarecido para o participante, assim como a explicação que a gravação do áudio é desejável apenas para que o pesquisador possa verificar se as informações importantes da sessão foram capturadas, além de diminuir o tempo total da sessão, evitando tomar tempo com anotações manuais.
  3. Os dados coletados serão armazenados em ambiente seguro (mídia ou máquina sem acesso à internet ou em área protegida por senha). Além disto, o material coletado será desassociado do participante, para garantir o seu anonimato e privacidade.
  4. O participante pode interromper a sessão e se retirar da atividade a qualquer momento. Caso seja necessário um número mínimo de participantes para a conclusão de um estudo, serão recrutados novos participantes para substituir os que tiverem abandonado a pesquisa.

#### **11.4 Análise Crítica dos Benefícios**

Os participantes serão beneficiados direta e indiretamente com sua participação nesta pesquisa: no momento da participação em si, os participantes poderão aprender como este tipo de pesquisa ou pesquisas semelhantes são conduzidas; depois, com a análise e divulgação dos resultados, os participantes terão acesso ao conhecimento científico gerado pela pesquisa. Esperamos que o resultado deste trabalho seja de interesse da comunidade científica, através de uma continuação da pesquisa por outros ou através de estudos complementares.

#### **11.5 Duração total da pesquisa**

Esta pesquisa é objeto de trabalho da professora-pesquisadora e de seus alunos de pós-graduação do Departamento de Informática da PUC-Rio, de 2022 a 2023. Caso haja motivação para estender a pesquisa, a professora-pesquisadora submeterá um novo projeto para apreciação pela Câmara de Ética e Pesquisa (CEPq) da PUC-Rio.

#### **11.6 Responsabilidades**

É de responsabilidade da PUC-Rio, instituição educacional à qual os pesquisadores estão relacionados, avaliar as questões éticas envolvendo a pesquisa através da sua Câmara de Ética e Pesquisa (CEPq).

A professora-pesquisadora e os demais pesquisadores envolvidos têm as seguintes responsabilidades:

- Garantir o anonimato e confidencialidade das informações coletadas, assim como a integridade física e imagem dos participantes.
- Informar os participantes sobre as finalidades da pesquisa, os procedimentos de coleta de informações e como elas serão usadas e divulgadas.
- Esclarecer o caráter voluntário da participação, garantindo o direito de o participante interromper sua participação a qualquer momento, temporária ou definitivamente.
- Fornecer e receber assinado o TCLE, em duas vias, assinadas pelo pesquisador responsável pela coleta de dados. No caso de questionário online, o TCLE será apresentado na primeira tela, e a coleta de dados só será realizada caso o participante consinta.

- 
- Fornecer o acesso ao resultado da pesquisa de forma ampla e clara para os participantes que tiverem interesse.
  - Divulgar um canal aberto para os participantes tirarem quaisquer dúvidas referentes à sua participação.
  - Garantir a segurança das informações coletadas, armazenando os dados num ambiente seguro (mídia ou máquina sem acesso à internet ou em área protegida por senha).
  - Acompanhar a realização da pesquisa assegurando os aspectos éticos aqui descritos, assim como os técnicos e científicos relacionados à sua execução.

### **11.7 Critérios para a suspensão da pesquisa**

Esta pesquisa poderá ser suspensa caso os pesquisadores responsáveis decidam por descontinuar o trabalho. Isto pode ocorrer devido a mudanças de tema de pesquisa ou dificuldade no cumprimento das atividades previstas. A eventual interrupção de uma sessão de estudo por um participante não será levada em consideração para a suspensão total da pesquisa.

Será recomendado que o participante que se sinta de alguma forma prejudicado pela pesquisa entre em contato com a Câmara de Ética em Pesquisa da PUC-Rio, cuja forma de contato terá sido fornecida no documento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, para que a Câmara tome as medidas cabíveis.

### **11.8 Ressarcimento de despesas**

A execução das atividades propostas nos estudos não exigirá dos participantes gastos extras com recursos. Todo o material necessário para as sessões presenciais de observação ou entrevistas serão fornecidos pelos pesquisadores. A equipe também tomará as devidas medidas para que não haja deslocamentos desnecessários dos participantes. Quando houver necessidade de deslocamento, os pesquisadores ficarão responsáveis por fornecer o auxílio financeiro, utilizando para tal seus próprios recursos. Desta forma, não haverá necessidade de ressarcimento de despesas para os envolvidos pela instituição.

### **11.9 Local da pesquisa**

Os estudos de observação ou entrevista ocorrerão, preferencialmente, nas instalações da PUC-Rio – nos laboratórios de pesquisa dos pesquisadores ou do Departamento de Informática, conforme autorização anexada no Apêndice B. Para as sessões de observação e entrevista que não puderem ser realizadas presencialmente, será utilizado algum recurso de videoconferência.

No caso dos estudos envolvendo questionários online, o participante poderá realizar no local de sua preferência: casa, trabalho ou outro local que julgar adequado.

### **11.10 Propriedades das informações coletadas e geradas**

As informações coletadas e o resultado das análises serão de teor confidencial e serão divulgados apenas em veículos científicos e em material didático, sempre preservando o anonimato e a privacidade dos participantes.

---

## 11.11 Orçamento financeiro

A condução dos estudos desta pesquisa utiliza apenas recursos fornecidos pelos laboratórios envolvidos. Nenhum financiamento externo será utilizado. Os pesquisadores envolvidos recebem bolsas de instituições de fomento ou de projeto de pesquisa e desenvolvimento e não recebem valores adicionais pela condução dessa pesquisa.

## Referências

- Amaral, D. S., Sanguinetti, D., da Silva, J. C. A., Caldas, P. R., da Costa, J. Â. P., and da Silva Cabral, A. K. P. (2017). Tecnologia assistiva em 3d para pessoas com déficit de função manual por doença de parkinson/assistive technology in 3d for people with manual function deficit in parkinson's disease. *Revista Interinstitucional Brasileira de Terapia Ocupacional-REVISBRATO*, 1(4):465–474.
- Barbosa, S. and Silva, B. (2010). *Interação humano-computador*. Elsevier Brasil.
- Barros, E. and Cavalcante, S. (2010). Introdução aos sistemas embarcados. *Artigo apresentado na Universidade Federal de Pernambuco-UFPE*, page 36.
- BERSCH, R. and TONOLLI, J. C. (2006). Introdução ao conceito de tecnologia assistiva e modelos de abordagem da deficiência. *Bengala Legal*.
- Bovolenta, T. M. and Felício, A. C. (2016). O doente de parkinson no contexto das políticas públicas de saúde no brasil.
- Brezolin, F. L., Santos, G., de Lima, J. C., Zanella, M., Rieder, R., and De Marchi, A. C. B. (2017). Evaluating the performance of wearable tecassist device using aural and tactile feedbacks. In *Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–4.
- da Silva, F. P., Fernandes, S. V. D. H., and da Silva, T. L. K. (2014). Proposta de desenvolvimento de empunhadura personalizada para usuários com mal de parkinson. *Blucher Design Proceedings*, 1(4):2387–2399.
- de Araújo Rubert, V., dos Reis, D. C., and Esteves, A. C. (2007). Doença de parkinson e exercício físico. *Revista Neurociências*, 15(2):141–146.
- dos Santos Steidl, E. M., Ziegler, J. R., and Ferreira, F. V. (2007). Doença de parkinson: revisão bibliográfica. *Disciplinarum Scientia—Saúde*, 8(1):115–129.
- Francés-Morcillo, L., Morer-Camo, P., Rodríguez-Ferradas, M. I., and Cazón-Martín, A. (2020). Wearable design requirements identification and evaluation. *Sensors*, 20(9):2599.
- Genaro Motti, V. and Caine, K. (2014). Understanding the wearability of head-mounted devices from a human-centered perspective. In *Proceedings of the 2014 ACM international symposium on wearable computers*, pages 83–86.
- IBGE (2010). Censo demográfico, características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. *Rio de Janeiro*, 29.
- Mantovani, C. M. C. A. and Moura, M. A. (2012). Informação, interação e mobilidade. *Informação & Informação*, 17(2):55–76.

- 
- Melo, A., Piccolo, L. S. G., Ávila, I. M. A., and Tambascia, C. (2009). Usabilidade, acessibilidade e inteligibilidade aplicadas em interfaces para analfabetos, idosos e pessoas com deficiência. *Anais do Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais.*, 9.
- Melo, A. M. (2014). Acessibilidade e inclusão digital. *Livro dos Tutoriais do XIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, page 29.
- Ministério da Saúde (1996). Resolução n. 196, de 10 de outubro de 1996. Aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos.
- Ministério da Saúde (2016). Resolução n. 510, de 7 de abril de 2016.
- Morales, I. L., Renó, D., and Albino, J. P. (2018). Internet das coisas: os benefícios dos dispositivos móveis-wearables. *Experimentações Narrativas, Roteiros, Mobilidade e Marketing*, page 104.
- Motti, V. G. and Caine, K. (2014). Human factors considerations in the design of wearable devices. In *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*, volume 58, pages 1820–1824. SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.
- Rogers, Y., Sharp, H., and Preece, J. (2013). *Design de Interação*. Bookman Editora.
- Silva, C. A. and Freire, A. P. (2018). Inspeção da acessibilidade de aplicativos móveis utilizando software leitor de telas. In *Anais Estendidos do XVII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais*, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Souza, C. F. M., Almeida, H. C. P., Sousa, J. B., Costa, P. H., Silveira, Y. S. S., and Bezerra, J. C. L. (2011). A doença de parkinson e o processo de envelhecimento motor: uma revisão de literatura. *Revista Neurociências*, 19(4):718–723.
- Zheng, Y.-L., Ding, X.-R., Poon, C. C. Y., Lo, B. P. L., Zhang, H., Zhou, X.-L., Yang, G.-Z., Zhao, N., and Zhang, Y.-T. (2014). Unobtrusive sensing and wearable devices for health informatics. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 61(5):1538–1554.

---

# Apêndices

---

# A Modelo de Anúncio para Recrutamento Aberto dos Participantes

## Introdução<sup>1</sup>

Somos pesquisadores do Departamento de Informática da PUC-Rio e estamos realizando uma pesquisa sobre a proposta de tecnologia assistiva para pessoas com doença de Parkinson. Se você tem interesse no consumo e produção de dispositivos vestíveis focados em acessibilidade, gostaríamos de convidá-lo para participar da nossa pesquisa. A única condição para você poder participar da pesquisa é ter 18 anos ou mais.

## No caso de pesquisa por questionário

Esta pesquisa consiste em responder um questionário online, que pode ser encontrado no endereço [https://bit.ly/\\_\\_\\_\\_\\_](https://bit.ly/_____).<sup>2</sup> O questionário estará disponível até dd/mm/aaaa.<sup>3</sup> Caso você conheça outras pessoas interessadas neste assunto, pode encaminhar esta mensagem a elas também.

## No caso de pesquisa por observação de uso

Esta pesquisa consiste em realizar algumas tarefas nas dependências do Departamento de Informática da PUC-Rio, numa sessão de 2-3 horas. Caso você tenha interesse em participar, entre em contato conosco pelo e-mail [simone@inf.puc-rio.br](mailto:simone@inf.puc-rio.br), com o assunto: *Pesquisa TecAssistiva: Quero participar*, para que possamos agendar sua sessão de estudo.

## No caso de pesquisa por entrevista

Esta pesquisa consiste em realizar uma entrevista de 60-90 minutos. A entrevista pode ser realizada presencialmente, nas dependências do Departamento de Informática da PUC-Rio, por telefone ou por vídeo-conferência. Caso você tenha interesse em participar, entre em contato conosco pelo e-mail [simone@inf.puc-rio.br](mailto:simone@inf.puc-rio.br), com o assunto: *Entrevista InfoVis: Quero participar*, para que possamos agendar sua entrevista.

## Final do Anúncio

Sua participação neste estudo aumentará nosso conhecimento sobre acessibilidade e auxiliará na construção de dispositivos vestíveis acessíveis para pessoas com doença de parkinson, fornecendo insumos para que criemos mecanismos de apoio adequados a essas atividades.

Os dados coletados se pautam no respeito ao seu anonimato e privacidade, conforme indicado no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, disponível em [https://bit.ly/\\_\\_\\_\\_\\_](https://bit.ly/_____). Para mais informações, por favor entre em contato conosco ou com a Professora Simone Diniz Junqueira Barbosa, através do e-mail [simone@inf.puc-rio.br](mailto:simone@inf.puc-rio.br).

*(A mensagem será assinada pelos nomes dos pesquisadores participantes desta parte da pesquisa.)*

---

<sup>1</sup>Os cabeçalhos de seção neste modelo são meramente indicativos das partes que comporão o anúncio, e serão removidos do anúncio a ser divulgado.

<sup>2</sup>URL a ser definida para cada questionário.

<sup>3</sup>As datas serão definidas conforme a etapa do projeto.

## B Autorização do Uso das Dependências do DI/PUC-Rio para Condução da Pesquisa

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



### **Autorização para Uso das Dependências do Departamento de Informática, PUC-Rio, para a Realização de Pesquisas Empíricas**

Rio de Janeiro, 18 de maio de 2022

Autorizo o uso das dependências do Departamento de Informática da PUC-Rio até 2023, para a condução de pesquisa empírica com profissionais, pesquisadores e alunos, da PUC-Rio e externos, no âmbito do projeto “Tecnologia Assistiva para auxiliar pessoas com Doença de Parkinson”, coordenado pela Professora Simone Diniz Junqueira Barbosa.

Atenciosamente,

Markus Endler  
Diretor  
Departamento de Informática

Departamento de Informática  
Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea - 22451-900  
Rio de Janeiro - RJ - Tel. (21) 3527-1510



---

## C Questionário de caracterização do participante - Exemplo

### Seu perfil

**Qual é a sua faixa etária? \***

- até 20
- 21-30
- 31-40
- 41-50
- 51-60
- acima de 60

**Qual a sua formação acadêmica?**

- Ensino médio (completo)
- Ensino superior (incompleto)
- Ensino superior (completo)
- Especialização ou pós-graduação *lato sensu*
- Mestrado
- Doutorado
- Pós-Doutorado
- Não tenho

**Qual é a sua área de formação?**

[ (texto livre) ]

**Qual é a sua profissão ?**

[ (texto livre) ]

### Conhecimento sobre o Parkinson

**Com que frequência você... \***

- 0 - Nunca
- 1 - Todo ano
- 2 - Todo semestre
- 3 - Todo trimestre
- 4 - Todo mês
- 5 - Toda semana
- 6 - Todo dia

**...Qual o estágio ?**

- 1 - Estágio Inicial. ...
- 2 - Bilateral ( sintomas dos dois lados do corpo) ...
- 3 - Instabilidade Postural Moderada. ...
- 4 - Instabilidade Postural Grave. ...
- 5 - Locomoção Dependente

---

## D Entrevista sobre avaliação com usuário

- Se sentiu confortável utilizando o dispositivo?
- O que achou dos dados de *feedback* que o dispositivo informa?
- Sentiu alguma dificuldade para utilizar a tecnologia?

---

## **E Roteiros de entrevista**

Neste apêndice apresentamos exemplos de roteiros de entrevistas de análise das necessidades dos participantes do estudo e após as sessões de observação de uso dos sistemas propostos.

### **E.1 Roteiro de entrevista de análise - Exemplo**

1. Me fale um pouco sobre as atividades que você realiza no seu dia a dia.
2. Como são os dispositivos ou sistemas que apoiam essas atividades atualmente?
3. Quais atividades você sente mais dificuldade ?
4. Dentre essas dificuldades qual a mais desconfortável?
5. Como você faz para suprir essas dificuldades?
6. Que outros pontos você gostaria de comentar?

### **E.2 Roteiro de entrevista pós-sessão de observação - Exemplo**

1. O que você achou do sistema?
2. O que mais gostou? / Quais são os principais pontos positivos do dispositivo/sistema?
3. O que menos gostou? / Quais são os principais pontos em que o dispositivo/sistema pode melhorar?
4. Para quais atividades você julga que o dispositivo/sistema seja mais eficaz? E eficiente?  
// Pedir para comentar sobre cada atributo separadamente.
5. Para quais atividades você julga que o dispositivo/sistema seja mais eficaz? E eficiente?  
// Pedir para comentar sobre cada atributo separadamente.
6. Que outros pontos você gostaria de comentar?

text



## F Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – Projeto “Tecnologia Assistiva para auxiliar pessoas com Doença de Parkinson”

### F.1 Natureza da Pesquisa

Eu, Marcelo Martins da Silva, pesquisador responsável pelo projeto de pesquisa “Tecnologia Assistiva para auxiliar pessoas com Doença de Parkinson”, sob coordenação da Professora Simone Diniz Junqueira Barbosa, do Departamento de Informática da PUC-Rio, lhe convidamos a participar como voluntário nesse estudo.

Nossa pesquisa visa a investigar tecnologias assistivas para pessoas com doença de Parkinson. Envolve, entre outras coisas, entender como pessoas com diversos perfis, buscam e utilizam diferentes dispositivos e formas para a realização de atividades, que atualmente possuem dificuldade para realizar.

O objetivo do estudo não é avaliar pessoas, mas sim um ou mais dispositivos para a realização de certas tarefas. As preocupações éticas foram consideradas, de acordo com a resolução 510/16 CNS. Através desta pesquisa espera-se identificar problemas e oportunidades de melhoria nos sistemas de acessibilidade para pessoas com doença de Parkinson.

Esta pesquisa envolverá as seguintes formas de captura de dados: entrevistas; sessões de observação de uso de software; questionários; e análise de logs de interação com software. Vale ressaltar que toda participação nesse estudo é inteiramente voluntária.

### F.2 Benefícios

Os benefícios esperados envolvem um material didático aperfeiçoado sobre acessibilidade para pessoas com Parkinson, artigos científicos sobre os diversos aspectos da pesquisa, e ferramentas de produção, busca e exploração de acessibilidade.

### F.3 Riscos e desconfortos

Identificamos alguns riscos mínimos associados à participação nesta pesquisa:

1. **Desconforto físico:** cansaço ou aborrecimento caso a sessão seja longa (acima de 2 horas). Vamos minimizar o tempo necessário à realização das atividades, focando nas questões mais relevantes ao objetivo do estudo.
2. **Constrangimento por causa da gravação de áudio ou vídeo.** Iremos gravar áudio e vídeo somente mediante o seu consentimento. Além disso, uma vez que o material coletado seja processado, ele será descartado.
3. **Dano associado ou decorrente da pesquisa:** agravo imediato ou posterior, direto ou indireto, ao indivíduo ou à coletividade, decorrente da pesquisa.
4. **Quebra da segurança digital** dos dados armazenados. Os dados coletados serão armazenados em ambiente seguro (mídia ou máquina sem acesso à internet ou em área protegida

por senha). Além disto, o material coletado será desassociado da sua identidade, para garantir o seu anonimato e privacidade.

5. **Qualquer tipo de incômodo ou constrangimento.** Você pode interromper a pesquisa a qualquer momento e sem qualquer prejuízo, penalização ou constrangimento. Em nenhum lugar ficará registrado que você iniciou sua participação no estudo e optou por interrompê-la.

#### **F.4 Garantia de assistência e indenização**

Vale ressaltar que, em caso de eventuais danos relacionados à pesquisa as medidas cabíveis serão tomadas seguindo a Resolução 510/16 CNS:

1. **Assistência imediata:** é aquela emergencial e sem ônus de qualquer espécie ao participante da pesquisa, em situações em que este dela necessite.
2. **Assistência Integral:** é aquela prestada para atender complicações e danos decorrentes, direta ou indiretamente, da pesquisa;
3. **Indenização:** cobertura material para reparação a dano, causado pela pesquisa ao participante.

#### **F.5 Garantia de anonimato, privacidade e sigilo dos dados**

Esta pesquisa se pauta no respeito à privacidade, ao sigilo e ao anonimato dos participantes. Todos os dados brutos serão acessados somente pelos pesquisadores envolvidos nesta pesquisa e anonimizados para análise ou divulgação. O uso que faremos dos dados coletados durante o teste é estritamente limitado a atividades científicas, didáticas e de desenvolvimento de ferramentas que apoiem atividades de consumo e produção de visualizações de informação. Qualquer imagem, vídeo ou áudio divulgado será disfarçado para impedir a identificação dos participantes que nela aparecem.

#### **F.6 Divulgação dos resultados**

Os dados agregados e análises realizadas poderão ser publicados em publicações científicas e didáticas. Ao divulgarmos os resultados da pesquisa, nos comprometemos em preservar seu anonimato e privacidade, ocultando ou disfarçando toda informação (seja em texto, imagem, áudio ou vídeo) que possa revelar sua identidade. As informações brutas coletadas não serão divulgadas.

#### **F.7 Acompanhamento, assistência e esclarecimentos**

Todo material coletado será arquivado por no mínimo cinco anos. A Professora Simone Diniz Junqueira Barbosa, do Departamento de Informática da PUC-Rio, será a responsável por arquivar o material da pesquisa ao longo deste período e até o seu descarte. A qualquer momento, durante a pesquisa e até cinco anos após o seu término, você poderá solicitar mais informações sobre o estudo ou cópias dos materiais divulgados. Caso você observe algum comportamento que julgue antiético ou prejudicial a você, você pode entrar em contato para que sejam tomadas as medidas necessárias. Ao final deste termo você encontra as formas de contato conosco ou com a Câmara de Ética em Pesquisa da PUC-Rio.

## F.8 Ressarcimento de despesa eventual

Ao aceitar este termo, você não abre mão de nenhum direito legal. Se, por algum motivo, você tiver despesas decorrentes de sua participação nesse estudo, com transporte e/ou alimentação, você será reembolsado adequadamente pelos pesquisadores, conforme acordado no momento do recrutamento.

## F.9 Liberdade de recusa, interrupção, desistência e retirada de consentimento

Sua participação nesta pesquisa é voluntária. Sua recusa não trará nenhum prejuízo a você, nem à sua relação com os pesquisadores ou com a universidade. A qualquer momento você pode interromper ou desistir da pesquisa, sem que incorra nenhuma penalização ou constrangimento. Você não precisará sequer justificar ou informar o motivo da interrupção ou desistência. Caso você mude de ideia sobre seu consentimento durante a sessão de estudo, basta comunicar sua decisão aos pesquisadores responsáveis, que então descartarão seus dados.

## F.10 Consentimento

Eu, participante abaixo assinado(a), confirmo que:

1. Recebi informações detalhadas sobre a natureza e objetivos da pesquisa descrita neste documento e tive a oportunidade e esclarecer eventuais dúvidas;
2. Estou ciente de que minha participação é voluntária e posso abandonar o estudo a qualquer momento, sem fornecer uma razão e sem que haja quaisquer consequências negativas. Além disto, caso eu não queira responder a uma ou mais questões, tenho liberdade para isto;
3. Estou ciente de que minhas respostas serão mantidas confidenciais. Entendo que meu nome não será associado aos materiais de pesquisa e não será identificado nos materiais de divulgação que resultem da pesquisa;
4. Estou ciente de que a minha participação não acarretará qualquer ônus e que as atividades previstas na pesquisa não representam nenhum risco para mim ou para qualquer outro participante;
5. Estou ciente de que sou livre para consentir ou não com a pesquisa, conforme as opções que marco abaixo:

Sobre a **coleta e uso de dados**:

- Não autorizo** o uso das informações coletadas descritas neste documento.
- Autorizo** o uso das informações coletadas conforme as condições descritas neste termo.

Sobre a **gravação de áudio**:

- Não autorizo** a gravação em áudio do que eu disser durante o estudo.
- Autorizo** a gravação em áudio do que eu disser durante o estudo.

Sobre a **gravação de vídeo**:

- Não autorizo** a gravação em vídeo das atividades que eu realizar.
- Autorizo** a gravação em vídeo das atividades que eu realizar.

Rio de Janeiro, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_

**Pesquisador:** \_\_\_\_\_  
(Marcelo Martins da Silva) (assinatura)

**Participante:** \_\_\_\_\_  
(nome completo) (assinatura)

**Contatos:** (1) Profa. Simone Diniz Junqueira Barbosa, Departamento de Informática, PUC-Rio - [simone@inf.puc-rio.br](mailto:simone@inf.puc-rio.br) - +55 21 3527-1500 ext. 4353; +55 21 992-413-651. (2) Aluno. Marcelo Martins da Silva, Departamento de Informática, PUC-Rio - [mmsilva@inf.puc-rio.br](mailto:mmsilva@inf.puc-rio.br) - +55 85 99661-1108;(3) Câmara de Ética em Pesquisa da PUC-Rio: Rua Marquês de São Vicente, 225, Prédio Kennedy, 2<sup>o</sup> andar – Gávea – RJ.

**D**

**Parecer da Câmara de Ética em Pesquisa da PUC-Rio**



**CÂMARA DE ÉTICA EM PESQUISA DA PUC-Rio**

**Parecer da Comissão da Câmara de Ética em Pesquisa da PUC-Rio 90-2022 – Protocolo 94-2022**

**Proposta: SGOC 442361**

A Câmara de Ética em Pesquisa da PUC-Rio foi constituída como uma Câmara específica do Conselho de Ensino e Pesquisa conforme decisão deste órgão colegiado com atribuição de avaliar projetos de pesquisa do ponto de vista de suas implicações éticas.

**Identificação:**

**Título:** "Tecnologia Assistiva para auxiliar pessoas com Doença de Parkinson" (Departamento de Informática da PUC-Rio)

**Autor:** Marcelo Martins da Silva (Mestrando do Departamento de Informática da PUC-Rio)

**Orientadora:** Simone Diniz Junqueira Barbosa (Professora do Departamento de Informática da PUC-Rio)

**Apresentação:** Pesquisa de caráter qualitativo e quantitativo, tipo experimentos, que visa a implementação e análise de desempenho de um dispositivo vestível empregado para auxiliar pessoas acometidas com mal de Parkinson. Pesquisa com foco em pessoas que sofrem da doença de Parkinson que prevê no estudo a inclusão de pesquisadores, alunos de pós-graduação e graduação e/ou profissionais de diferentes áreas interessadas no consumo e produção de acessibilidade focada em Parkinson. Apresenta como atividades da pesquisa: Revisão bibliográfica; Identificação de Necessidades; Questionário de levantamento de dados; Desenvolvimento de dispositivo vestível; Avaliação de Desempenho; Avaliação da interação do usuário com o dispositivo; Análise dos dados e considerações. Como forma de captura de dados sinaliza o uso de entrevistas; sessões de observação de uso do software; questionários; e análise de logs de interação com software. Os estudos de observação e/ou entrevistas ocorrerão preferencialmente nos laboratórios de pesquisa do Departamento de Informática da PUC-Rio.

**Aspectos éticos:** O projeto e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido apresentados estão de acordo com os princípios e valores do Marco Referencial, Estatuto e Regimento da Universidade no que se refere às responsabilidades de seu corpo docente e discente. O Termo expõe com clareza os objetivos da pesquisa e os procedimentos a serem seguidos. Garante o sigilo e a confidencialidade dos dados coletados. Informa sobre a possibilidade de interrupção na pesquisa sem aplicação de qualquer penalidade ou constrangimento.

**Parecer:** Aprovado.

Prof. José Ricardo Bergmann  
Presidente do Conselho de Ensino e Pesquisa da PUC-Rio

Profª Ilda Lopes Rodrigues da Silva  
Coordenadora da Comissão da Câmara de Ética em Pesquisa da PUC-Rio

Rio de Janeiro, 6 de outubro de 2022

Vice-Reitoria para Assuntos Acadêmicos  
Câmara de Ética em Pesquisa da PUC-Rio – CEPq/PUC-Rio  
Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea – 22453-900  
Rio de Janeiro – RJ – Tel. (021) 3527-1612 / 3527-1618  
e-mail: [vrac@puc-rio.br](mailto:vrac@puc-rio.br)